

Titre: Étude expérimentale comparative du comportement d'un moteur
Title: Ricardo fonctionnant au gaz naturel et à l'essence

Auteurs: Michel Gou, Claude Guernier, & Bruno Detuncq
Authors:

Date: 1986

Type: Rapport / Report

Référence: Gou, M., Guernier, C., & Detuncq, B. (1986). Étude expérimentale comparative du
comportement d'un moteur Ricardo fonctionnant au gaz naturel et à l'essence.
Citation: (Technical Report n° EPM-RT-86-04). <https://publications.polymtl.ca/9896/>

 Document en libre accès dans PolyPublie
Open Access document in PolyPublie

URL de PolyPublie: <https://publications.polymtl.ca/9896/>
PolyPublie URL:

Version:

Conditions d'utilisation: Tous droits réservés / All rights reserved
Terms of Use:

 Document publié chez l'éditeur officiel
Document issued by the official publisher

Institution: École Polytechnique de Montréal

Numéro de rapport: EPM-RT-86-04
Report number:

URL officiel:
Official URL:

Mention légale:
Legal notice:

EPM/RT-86-4

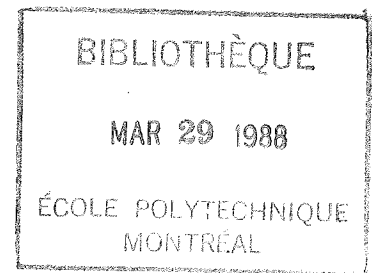
ÉTUDE EXPÉRIMENTALE COMPARATIVE
DU COMPORTEMENT D'UN MOTEUR
RICARDO FONCTIONNANT AU GAZ
NATUREL ET À L'ESSENCE

Michel (GOU)
Claude (GUERNIER)
Bruno (DETUNCO)

DÉPARTEMENT DE GÉNIE MÉCANIQUE

ÉCOLE POLYTECHNIQUE DE MONTRÉAL

Février (1986)



ETUDE EXPERIMENTALE COMPARATIVE
DU COMPORTEMENT D'UN MOTEUR
RICARDO FONCTIONNANT AU GAZ
NATUREL ET A L'ESSENCE

Michel GOU
Claude GUERNIER
Bruno DETUNCQ

EPM/RT-86-4

TABLE DES MATIÈRES

	PAGE
RÉSUMÉ	i
REMERCIEMENTS	iii
LISTE DES FIGURES	iv
LISTE DES GRAPHIQUES	v
LISTE DES SYMBOLES	vii
ABRÉVIATIONS UTILISÉES DANS LES GRAPHIQUES	xi
INTRODUCTION	1
MÉTHODE EXPÉRIMENTALE	3
DISCUSSION DES RÉSULTATS	14
CONCLUSION	42
RECOMMANDATIONS	45
ANNEXE A - ÉQUATIONS UTILISÉES DANS LES CALCULS	47
ANNEXE B - TABLEAUX DES RÉSULTATS	59
ANNEXE C - GRAPHIQUES DES RÉSULTATS	77
ANNEXE D - LISTE D'ÉQUIPEMENTS UTILISÉS	99
ANNEXE E - LISTING D'ORDINATEUR	102

RÉSUMÉ

Le rapport intitulé "Étude expérimentale comparative du comportement d'un moteur Ricardo fonctionnant au gaz naturel et à l'essence" présente les résultats de la deuxième partie d'un travail de recherche portant sur l'utilisation du gaz naturel dans les véhicules où l'accent est mis sur la différence de comportement entre le gaz naturel et l'essence en tant que carburants. Ce rapport fait suite à celui intitulé "Étude expérimentale du comportement d'un moteur Ricardo fonctionnant au gaz naturel" (EPM/RT-86-3) dans lequel seul le gaz naturel était étudié. L'étude a été réalisée par un groupe de recherche du département de génie mécanique de l'École Polytechnique et supportée financièrement par la compagnie Gaz Métropolitain.

Le banc d'essai utilisé pour ce travail expérimental est constitué d'un moteur Ricardo E.6/T, monocylindre à allumage par bougie, dont il est possible de modifier le taux de compression, l'avance d'allumage, l'ouverture du papillon, la vitesse de rotation, la charge, le débit et le genre de combustible. Ce moteur est branché à un dynamomètre électrique qui sert à dissiper l'énergie fournie et aussi à mesurer le couple et la puissance produite. Les essais sont regroupés en 3 catégories: essais du moteur fonctionnant à l'essence où l'on recherche la puissance maximale (λ est dit optimal pour cette puissance), essais du moteur fonctionnant au gaz naturel où l'on recherche également la puissance maximale (λ optimal) et enfin essais au gaz naturel au

cours desquels le rapport Air/Combustible a été gardé constant, et égal au mélange stoechiométrique ($\lambda = 1.0$): (voir rapport EPM/RT-86-3).

Les résultats obtenus avec de l'essence sont comparés à ceux du gaz naturel pour le cas de λ optimal et ceux-ci sont comparés au gaz naturel $\lambda = 1.0$. Le rendement volumétrique à l'essence est de 6 à 10% plus élevé qu'au gaz naturel λ optimal et il y a une faible différence (moins de 2%) entre les deux essais au gaz naturel. Pour l'essence, le couple produit est de 16 à 18% supérieur à celui obtenu au gaz naturel (λ optimal) et ce mélange fournit un couple plus élevé de 8 à 10% que si $\lambda = 1.0$. Le rendement thermique le plus élevé (31%) est obtenu avec du gaz naturel ($\lambda = 1.0$) pour un taux de compression de 14/1; à haute vitesse et au taux de compression de 8.6/1, les trois mélanges ont un rendement de 22%. Pour obtenir le couple maximum le gaz naturel nécessite un mélange moins riche que l'essence soit entre 0.95 et 0.92 pour le premier combustible et entre 0.92 et 0.94 pour le second, par ailleurs plus la vitesse augmente plus il faut appauvrir le mélange pour obtenir le couple maximum.

REMERCIEMENTS

L'équipe de recherche sur le GNV* du département de génie mécanique de l'École Polytechnique tient à remercier tous ceux et celles qui ont collaboré à la réalisation de ce projet et qui, par leur encouragement et conseils, ont permis de l'amener à terme: monsieur Robert LEMIEUX, chef technicien du département de génie mécanique, pour sa patience et son aide précieuse tout au long des essais en laboratoire, monsieur Mathieu FERRAULT, monsieur Roland FRANCOEUR de Gaz Métropolitain, monsieur Rhéal LEFEBVRE de GNC Québec ainsi que mademoiselle Sylvie LAMONTAGNE pour la dactylographie du rapport.

Nous voudrions enfin remercier tout particulièrement la compagnie Gaz Métropolitain qui a subventionné ce projet de recherche en plus de nous fournir une documentation technique très utile. Cette documentation est actuellement disponible au CDTG**.

* GNV : Gaz Naturel pour Véhicules

** CDTG: Centre de Documentation des Technologies Gazières situé à la bibliothèque de l'École Polytechnique, créé à l'instigation de Gaz Métropolitain et subventionné en partie par cette société

LISTE DES FIGURES

- Figure 1: Montage d'essai pour le moteur Ricardo
- Figure 2: Tubulure d'admission et équipement de mesure des débits d'air, de gaz naturel et d'essence
- Figure 3: Puissance perdue par friction dans le moteur Ricardo
- Figure 4: Photographie du banc d'essai du moteur Ricardo avec ses équipements de mesure
- Figure 5: Photographie du moteur Ricardo, de la génératrice et du dynamomètre
- Figure 6: Photographie du moteur Ricardo, du débitmètre pour l'air et du dynamomètre
- Figure 7: Photographie du mélangeur air-gaz et de la culasse du moteur Ricardo

LISTE DES GRAPHIQUES

- Graphiques 1- 6: Rendement volumétrique de l'air aux conditions TPN* en fonction de la vitesse angulaire du moteur pour un taux de compression fixe
- Graphiques 7-10: Rendement volumétrique de l'air aux conditions TPN* en fonction du taux de compression pour une ouverture de papillon donnée
- Graphiques 11-13: Rendement volumétrique du mélange aux conditions TPN* (air + combustible) en fonction de la vitesse angulaire du moteur
- Graphiques 14-16: Couple en fonction de la vitesse angulaire du moteur pour chaque mélange
- Graphiques 17-18: Couple en fonction de la vitesse angulaire du moteur pour les trois mélanges et à deux ouvertures de papillon
- Graphiques 19-22: Couple en fonction du taux de compression pour les trois mélanges et deux vitesses

* TPN: Température et pression normales tel que défini dans la norme SAE J1312 SEP 80 (voir: Méthode expérimentale)

- Graphiques 23-25: Puissance au frein en fonction de la vitesse angulaire du moteur pour chaque mélange et papillon grand ouvert
- Graphiques 26-27: Puissance au frein en fonction de la vitesse angulaire du moteur pour un taux de compression et deux ouvertures de papillon
- Graphiques 28-31: Puissance au frein en fonction du taux de compression pour une ouverture de papillon fixe
- Graphiques 32-34: Variation du rendement thermique au frein en fonction de la vitesse angulaire du moteur pour différents taux de compression et chaque mélange
- Graphiques 35-38: Rendement thermique au frein en fonction du taux de compression pour les trois mélanges et une ouverture de papillon
- Graphique -39: Paramètre λ en fonction du taux de compression pour papillon grand ouvert

LISTE DES SYMBOLES

SYMBOLE COURANT	DESCRIPTION	SYMBOLE INFORMATIQUE
PS	Pression barométrique réelle de l'air (cm.Hg)	PS
PS _N	Pression barométrique normalisée* (cm.Hg)	PS
θ _L	Avance d'allumage (degrés)	ALLUM
L _L	Longueur du bras de levier (pi)	BLEVI
BHP	Puissance au frein (kWatt)	BHP
CM	Facteur d'étalonnage total pour un débitmètre	CM
C _P	Course du piston (pi) (mm)	COURSE
CT	Facteur de correction de la tempé- rature pour débitmètre	CT
CV	Facteur d'étalonnage volumétrique du débitmètre Alcock (1.0 pi ³ /min = 2.90 cm H ₂ O)	CV
δ _{AIR}	Masse volumique de l'air atmosphéri- que (kg/m ³)	DAIR
δ _{AIR}	Masse volumique de l'air réel au point 3 (lb/pi ³)	DAIR
δ _{AIR}	Masse volumique de l'air aux conditions TPN* (lb/pi ³)	DAIR

* TPN: Température et pression normales tel que défini dans la
norme SAE J1312 SEP 80 (voir: Méthode expérimentale)

ρ_{n10}	Massa volumique réelle du gaz naturel au point 10 (lb/pi ³)	DEN10
Dp	Diamètre du piston (pi) (mm)	DIAP
DP12	Différence de pression entre les points 1 et 2 (po.H ₂ O)	DP12
S _r	Densité relative du combustible liquide	DRFUEL
S _n	Densité relative du gaz naturel	DRGN
P _{ea}	Pression partielle de la vapeur d'eau dans l'air réel (po.Hg)	PPV
P _{esw}	Pression partielle de la vapeur d'eau saturée calculée à la température humide (po.Hg)	PPVSW
Q _{a3}	Débit massique d'air réel au point 3 (g/s)	QA3
Q _r	Débit massique du combustible liquide (g/s)	QFUEL
Q _{gn}	Débit massique de gaz naturel (g/s)	QGN
RPM	Vitesse de rotation du moteur (tpm)	RPM
R _p	Rapport de pression du moteur	RPRES
η_e	Rendement thermique au frein (%)	RTHE
η_v	Rendement volumétrique pour l'air réel (%)	RVREEL
η_{vstd}	Rendement volumétrique pour l'air aux conditions TPN (%)	RVASTD

η_{vols}	Rendement volumétrique du mélange aux conditions TPN (%)	RVMSTD
SFC	Consommation spécifique de combustible (g combustible/kWH)	SFC
T_3	Température au point 3 (°C)	T3C
T_{DB}	Température sèche de l'air réel (°C)	TDBC
T_{WB}	Température humide de l'air réel (°C)	TWBC
T_{DBN}	Température sèche de l'air normalisée (°C)	TDBCS
t	Temps nécessaire pour consommer une quantité donnée de carburant liquide (min)	TEMPS
V_{a3}	Débit volumétrique d'air réel au point 3 (pi^3/min)	VA3
V_{a3TPN}	Débit volumétrique d'air aux conditions TPN point 3 (litre/sec)	VAST
V_{DEPL}	Volume balayé par le piston par unité de temps (pi^3/min)	VDEPLA
V_{GN10}	Débit volumétrique du gaz naturel au point 10 (litre/sec)	VGN10
V_{F}	Débit volumétrique de combustible liquide (pi^3/min)	VFUEL
LCV	Pouvoir calorifique inférieur du combustible (kJ/kg)	ZLCV
V_{OF}	Volume de combustible consommé pendant le temps t (ml)	VOFUEL

P _{PA}	Position du papillon (0.0 → 10.0)	FAPIL
W _b	Charge au dynamomètre (lbs)	WDYN
FHP	Puissance perdue par friction (kW)	FHP
H ₁₂	Lecture au manomètre entre les points 1 et 2 (unités de manomètre)	H12
M	Couple développé par le moteur (N-m)	COUPLE
ASF _M	Rapport massique réel air-combustible	ASF _M
ASF _{MS}	Rapport massique stoechiométrique air-combustible	ASF _{MS}
λ	Rapport de ASF _M à ASF _{MS}	ZLAMDA

ABRÉVIATIONS UTILISÉES DANS LES GRAPHIQUES

ES 4: Essence, ouverture de papillon (PAPIL) = 4

ES 10: Essence, PAPIL = 10

GC 4 : Gaz naturel $\lambda = 1.0$, PAPIL = 4

GC 10: Gaz naturel $\lambda = 1.0$, PAPIL = 10

GV 4 : Gaz naturel λ optimal (couple maximal), PAPIL = 4

GV 10: Gaz naturel λ optimal, PAPIL = 10

ESR 1: Essence, vitesse de rotation (RPM) = 1000

ESR 2: Essence, RPM = 2000

ESR 3: Essence, RPM = 3000

GCR 1: Gaz naturel, $\lambda = 1.0$, RPM = 1000

GCR 2: Gaz naturel, $\lambda = 1.0$, RPM = 2000

GCR 3: Gaz naturel, $\lambda = 1.0$, RPM = 3000

GVR 1: Gaz naturel, λ optimal, RPM = 1000

GVR 2: Gaz naturel, λ optimal, RPM = 2000

GVR 3: Gaz naturel, λ optimal, RPM = 3000

RPRES = 7: Taux de compression = 7/1

PAPIL = 4: Ouverture de papillon = 4

INTRODUCTION

Les profondes modifications qui se sont produites depuis une dizaine d'années dans le domaine de l'énergie ont provoqué d'importants changements dans la distribution et l'utilisation des principaux combustibles. Une des conséquences principales de ce phénomène fut la diversification des sources d'approvisionnement et, en corollaire, la recherche de nouvelles utilisations pour certaines formes d'énergie déjà disponibles.

C'est dans ce contexte qu'a été entrepris ce programme de recherche expérimental faisant partie d'un accord cadre entre l'École Polytechnique et Gaz Métropolitain et visant à développer l'utilisation du gaz naturel comme carburant pour les véhicules routiers.

Ce rapport expose les résultats et conclusions d'une étude expérimentale portant sur un moteur monocylindre à combustion interne, à allumage par bougie dont le taux de compression est variable et qui a été alimenté au gaz naturel puis à l'essence.

Ce rapport fait suite à celui intitulé: "Etude expérimentale du comportement d'un moteur Ricardo fonctionnant au gaz naturel" (EPM/RT-86-3) et c'est de ce document que proviennent les données obtenues en utilisant le gaz naturel dans le cas où le mélange Air/ Combustible était maintenu stoechiométrique. Les deux autres séries d'essais ont été faites par la suite; il

s'agit du cas où le combustible est également du gaz naturel mais où la puissance maximale est recherchée, le mélange étant alors variable, et, pour le troisième cas, c'est de l'essence ordinaire qui alimente le moteur et la puissance maximale est également recherchée.

Avant d'aller plus loin, il faut ici définir ce qu'est le paramètre λ (ZLAMBDA). La combustion complète d'un combustible (tout le combustible est transformé en CO_2 et H_2O par procédé d'oxydation) nécessite une quantité donnée d'air. Le mélange d'air et de combustible qui permet cette combustion complète est appelé mélange stœchiométrique. On obtient le paramètre λ en comparant le mélange utilisé au mélange stœchiométrique:

(Air/Combustible) utilisé

$$\lambda = \frac{\text{---}}{\text{---}}$$

(Air/Combustible) stœchiométrique

Pour le gaz naturel, on est en face d'un mélange de différents éléments dont le méthane (CH_4) est le principal constituant mais où l'on retrouve également d'autres gaz. La valeur du rapport massique Air/Combustible stœchiométrique peut être déterminée connaissant la fraction molaire des différents constituants (voir annexe F, programme "GNPROP"). Dans le cas de l'essence, n'en connaissant pas la composition, nous avons utilisé la valeur d'usage pour le rapport massique Air/Combustible stœchiométrique, c'est-à-dire 15.0 kg d'air/1.0 kg d'essence.

MÉTHODE EXPÉRIMENTALE

Le montage expérimental sur lequel ont été effectués tous les essais est composé d'un moteur Ricardo E.6/T monocylindre dont il est possible de modifier à volonté le taux de compression, l'avance d'allumage, l'ouverture du papillon, la vitesse de rotation, la charge, le débit et le genre de combustible. Ce moteur est branché à un dynamomètre électrique qui peut fonctionner comme moteur pour démarrer le moteur Ricardo ou comme génératrice électrique pour dissiper dans des résistances variables l'énergie fournie par celui-ci et mesurer ainsi le couple et la puissance produits.

Un ensemble d'instruments de mesure associé au moteur Ricardo permet d'enregistrer les différents débits, pressions et températures nécessaires. La figure 1 présente un schéma général du montage, la figure 2 un schéma de la tubulure d'admission et de l'équipement de mesure du débit d'air, d'essence et de gaz naturel (les points de mesure sont identifiés par des chiffres). À l'annexe D, on trouve une liste complète des instruments utilisés ainsi que leur fonction.

L'alimentation en gaz naturel est assurée par une conduite branchée au réseau de distribution de la compagnie Gaz Métropolitain. Deux manodétendeurs abaissent la pression du gaz naturel à l'entrée du mélangeur jusqu'à la pression atmosphérique (lorsque le système est à l'arrêt) et une vanne à guillotine

permet de contrôler le débit de gaz pour obtenir le mélange désiré. Le mélangeur air-gaz est du type pneumatique, l'air passant à travers un venturi provoque une baisse de pression au col, ce qui aspire le gaz dans le mélangeur. Le débit de gaz est mesuré à l'aide d'un "Laminar Flow Element" et d'un manomètre différentiel à liquide. L'alimentation en essence se fait à partir d'une burette graduée qui fournit l'essence au carburateur, celui-ci est muni d'une vanne à pointeau ajustable permettant de contrôler la richesse du mélange d'une façon très précise. Le débit volumétrique d'essence est mesuré à l'aide de la burette et d'un chronomètre, alors qu'un hydromètre permet d'obtenir la densité relative de l'essence.

La vitesse de rotation du moteur est mesurée à l'aide d'un stroboscope. La pression dans le cylindre ainsi que la position du piston sont mesurées par deux sondes et les signaux retransmis à un oscilloscope, ce qui permet de visualiser le diagramme pression-volume du moteur à chaque instant et ainsi vérifier l'apparition de la détonation pour éviter de fonctionner dans des conditions qui pourraient endommager le moteur.

La température sèche et la température humide de l'air ambiant ont été mesurées à l'aide d'un psychromètre, la pression barométrique grâce à un baromètre. Ces mesures ont été faites au début et à la fin de chaque séance de travail au laboratoire, les moyennes arithmétiques de ces paramètres ont été utilisées dans les calculs.

Les essais en laboratoire ayant été effectués sur plusieurs jours, les débits volumétriques ont été ramenés aux conditions de référence adoptées par la SAE*:

pression barométrique normalisée: 74.63 cm Hg;

température sèche normalisée : 29.4°C.

Le travail expérimental se divise en trois parties différentes: a) le moteur Ricardo est alimenté en gaz naturel et le mélange est maintenue à sa valeur stœchiométrique; b) le moteur est alimenté en gaz naturel et λ ajusté pour donner la puissance maximale (λ optimal); c) le moteur Ricardo fonctionne à l'essence et le mélange est ajusté pour donner la puissance maximale (λ optimal).

La procédure expérimentale qui a été utilisée pour la première partie consistait à fixer un taux de compression du moteur, choisir une ouverture de papillon, stabiliser la vitesse de rotation en variant la résistance électrique du circuit de dissipation à l'aide d'un rhéostat, ajuster le débit de gaz naturel pour obtenir un mélange stœchiométrique (calcul approximatif à partir des débits d'air et de gaz naturel) et ajuster l'avance

* Norme SAE J1312 SEP 80

SAE = Society of Automotive Engineers

d'allumage à la position optimale. Une vanne à guillotine permet de contrôler le débit de gaz naturel et ainsi de fixer le rapport Air/Combustible à 16.52 kg d'air par kg de gaz naturel, valeur qui a été déterminée à partir de l'analyse molaire des constituants du combustible gazeux. À l'annexe F se trouve le programme utilisé pour déterminer les propriétés du gaz naturel à partir des valeurs de la fraction molaire de chaque élément (analyse chromatographique fournie par TransCanada Pipeline). Lorsque tous ces paramètres étaient fixés aux valeurs désirées, les variables suivantes étaient alors enregistrées:

- . taux de compression;
- . vitesse de rotation;
- . ouverture du papillon;
- . avance d'allumage;
- . charge au dynamomètre;
- . débit d'air (lecture du manomètre);
- . température de l'air au point 3;
- . débit de gaz naturel (lecture du manomètre);
- . température du gaz naturel au point 10;
- . différentiel de pression entre le point 3 et le point 5 (lecture du manomètre);
- . différentiel de pression entre le point 4 et l'atmosphère (lecture du manomètre);
- . différentiel de pression entre le point 10 et l'atmosphère (lecture du manomètre).

Chacun des paramètres suivants était modifié à tour de rôle jusqu'à ce que la gamme complète soit couverte et que toutes les combinaisons aient été mises à l'essai :

- . ouverture du papillon: 4.0, 6.0, 8.0, 10.0 (ouverture complète);
- . vitesse de rotation : 1 000, 1 500, 2 000, 2 500, 3 000 RPM;
- . taux de compression : 8.6*, 10, 12, 14, 16.

La procédure expérimentale utilisée pour la deuxième partie est très semblable à celle de la première sauf en ce qui concerne l'ajustement du débit de gaz naturel. On recherchait alors le débit de combustible pour lequel la charge au dynamomètre était maximale. La variation des paramètres, taux de compression, vitesse de rotation et ouverture de papillon s'est faite de la même manière et les mesures ont été prises de la même façon.

Pour la troisième partie, le moteur Ricardo était alimenté avec de l'essence et, comme pour la partie précédente, c'est la puissance maximale qui était recherchée. La procédure expérimentale était donc similaire à la deuxième partie sauf encore en ce qui concerne la mesure du débit de combustible (faite par burette

* Ce chiffre a été choisi car on le rencontre souvent dans les véhicules automobiles.

et chronomètre) et des taux de compression utilisés. C'est à des taux de compression de 7, 8.6 et 10 que les essais ont été faits car l'essence, à cause de son indice d'octane plus faible, ne supporte pas des pressions aussi élevées que le gaz naturel.

Les données ont été compilées et traitées à l'aide de deux programmes informatiques en langage Fortran développés par l'équipe de recherche et implantés sur un micro-ordinateur IBM-PC. Les graphiques ont été tracés à l'aide du logiciel LOTUS 1-2-3. Les listings d'ordinateur se trouvent en annexe E, les tableaux des résultats sont en annexe B et les graphiques correspondants en annexe C. Les résultats sont présentés dans le système international d'unités (SI).

Les pertes par friction du moteur Ricardo ont été déterminées lors d'un "Motoring Test" (le dynamomètre fonctionnant alors comme moteur électrique et entraînant le moteur Ricardo qui est alors passif). Les résultats apparaissent à la figure 3.

Les figures 4 à 7 sont des photos du banc d'essai et des différents appareils de mesure qui lui sont associés.

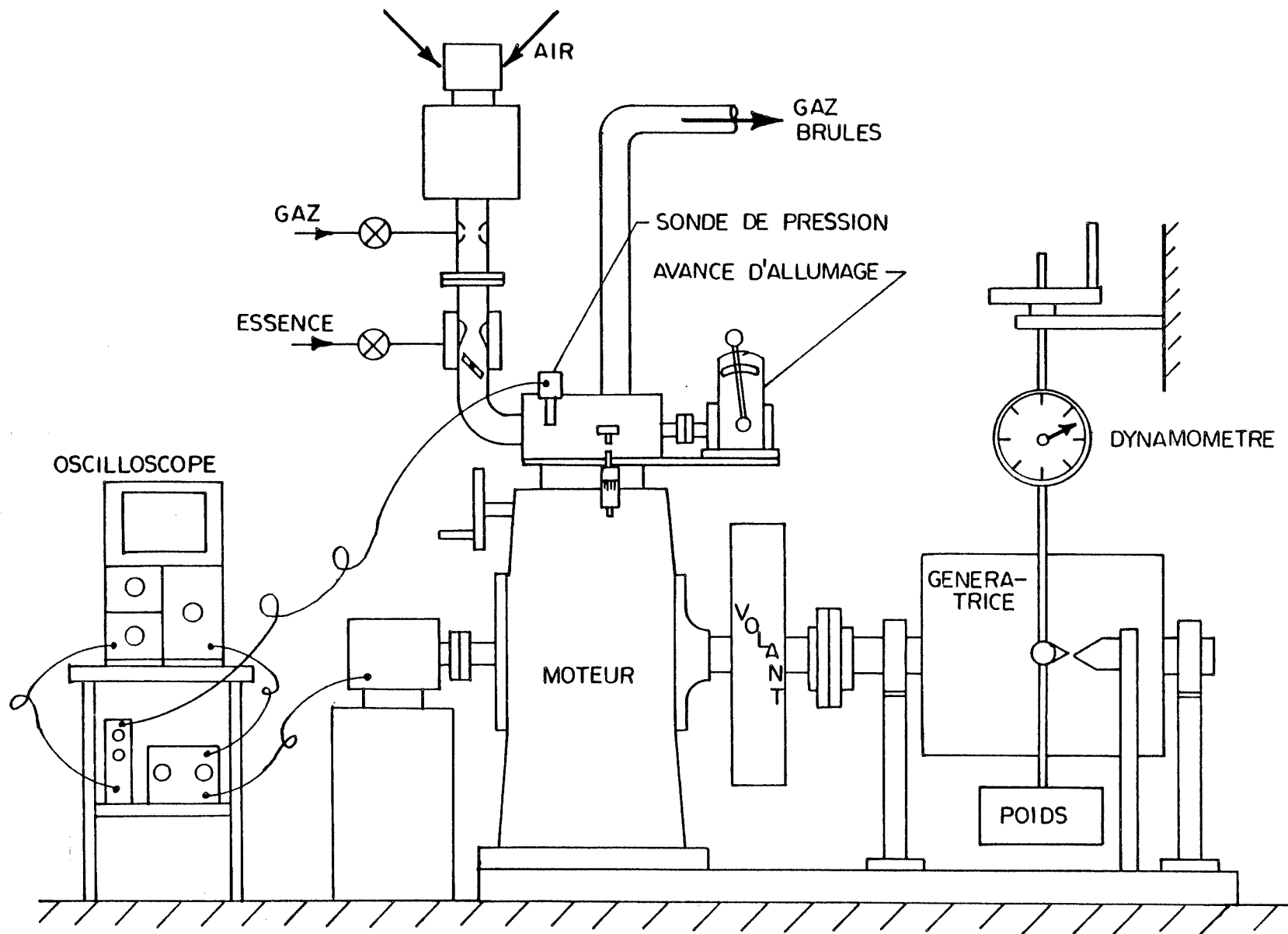


FIGURE 1: Montage d'essai pour le moteur Ricardo

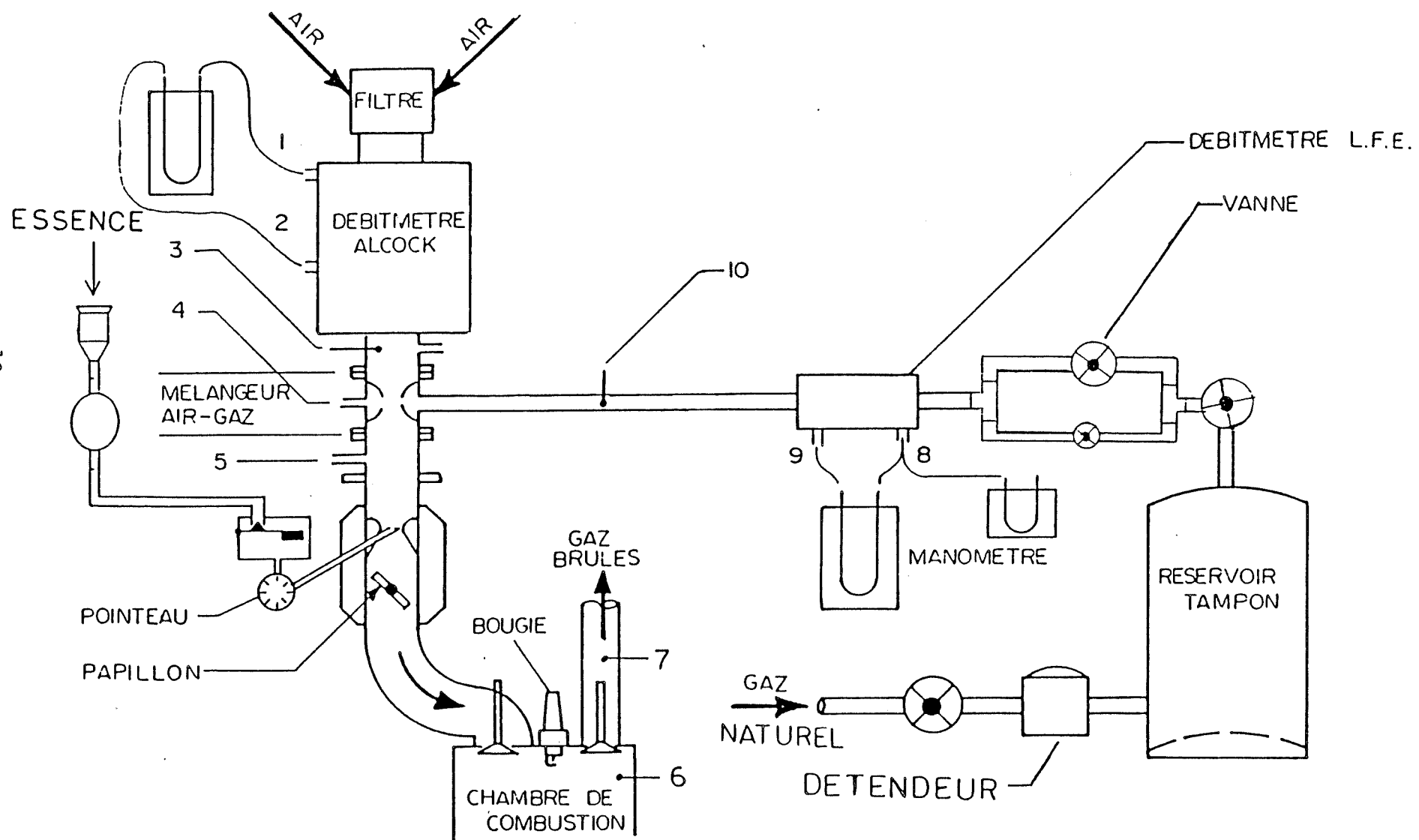


FIGURE 2: Tubulure d'admission et équipement de mesure des débits d'air, de gaz naturel et d'essence

PUISSANCE PERDUE PAR FRICTION

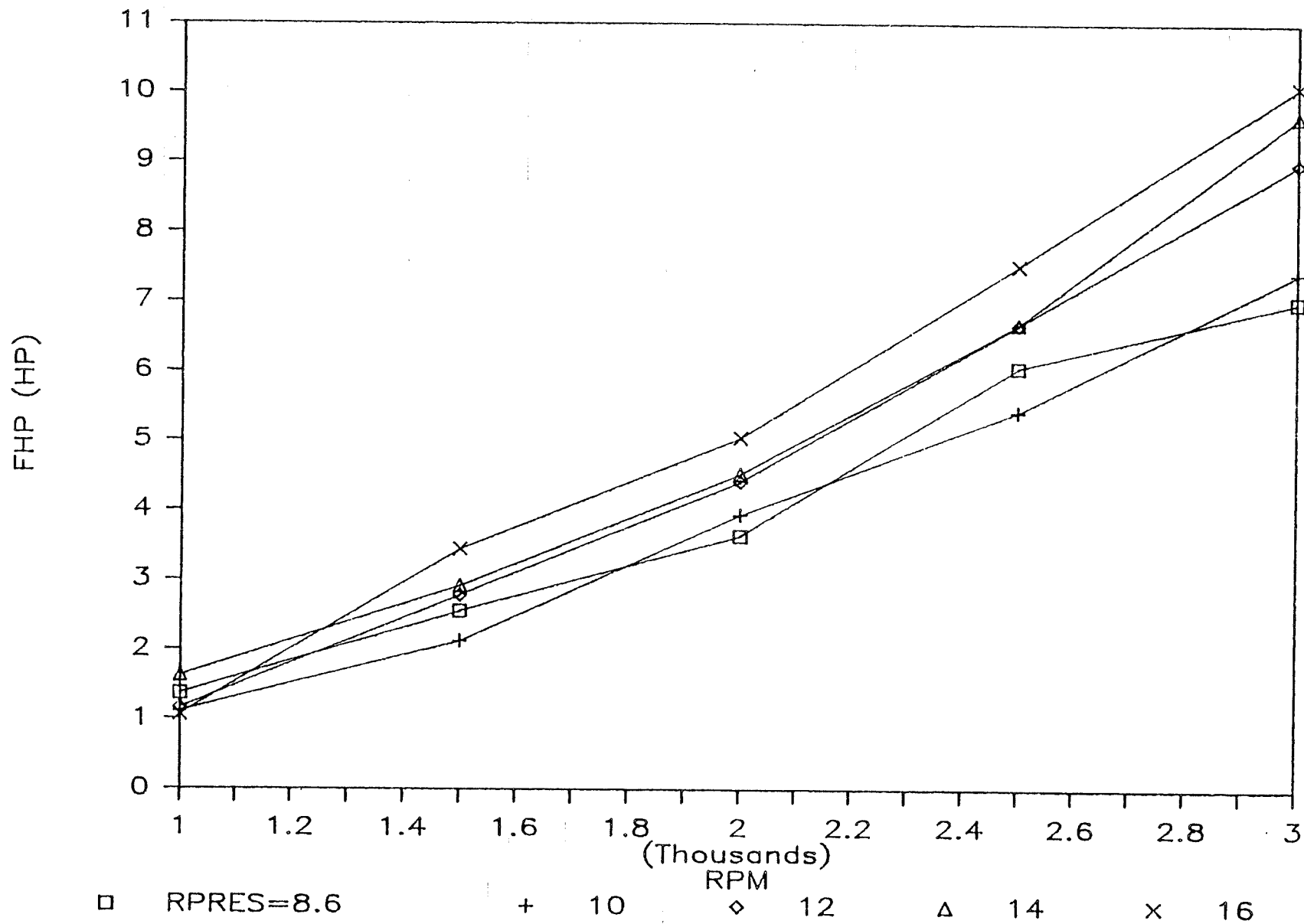


Figure 3: Puissance perdue par friction pour le moteur Ricardo

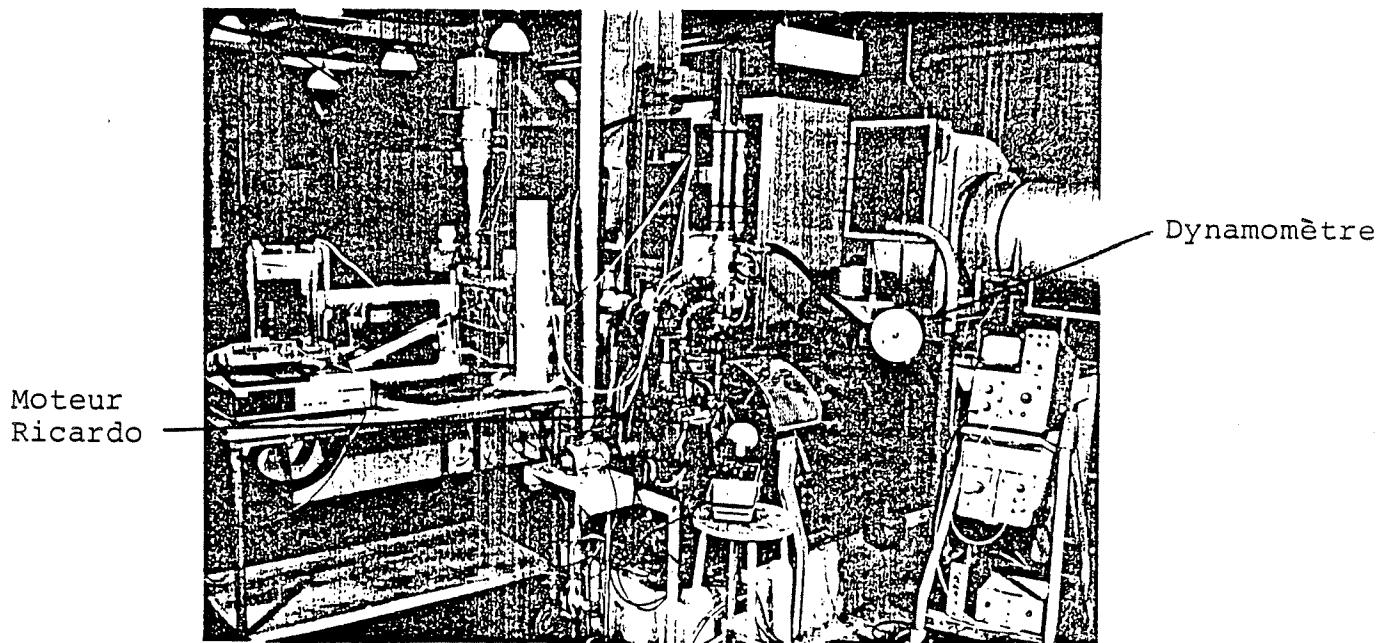


Figure 4: Banc d'essai du moteur Ricardo avec les équipements de mesure

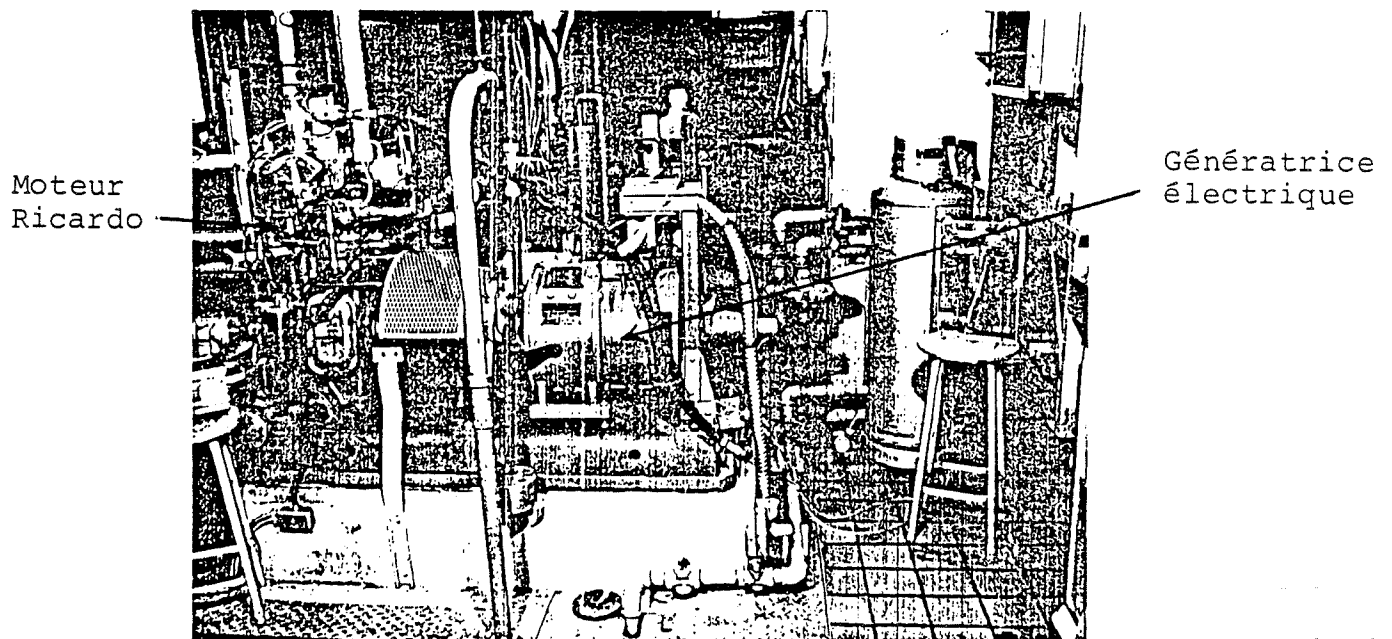
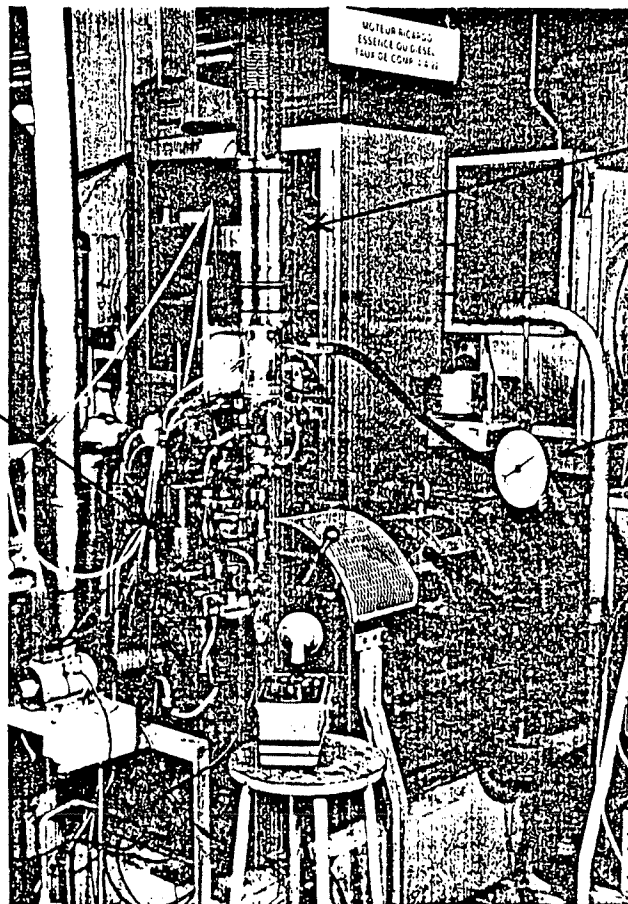


Figure 5: Vue du moteur Ricardo, de la génératrice électrique et du dynamomètre

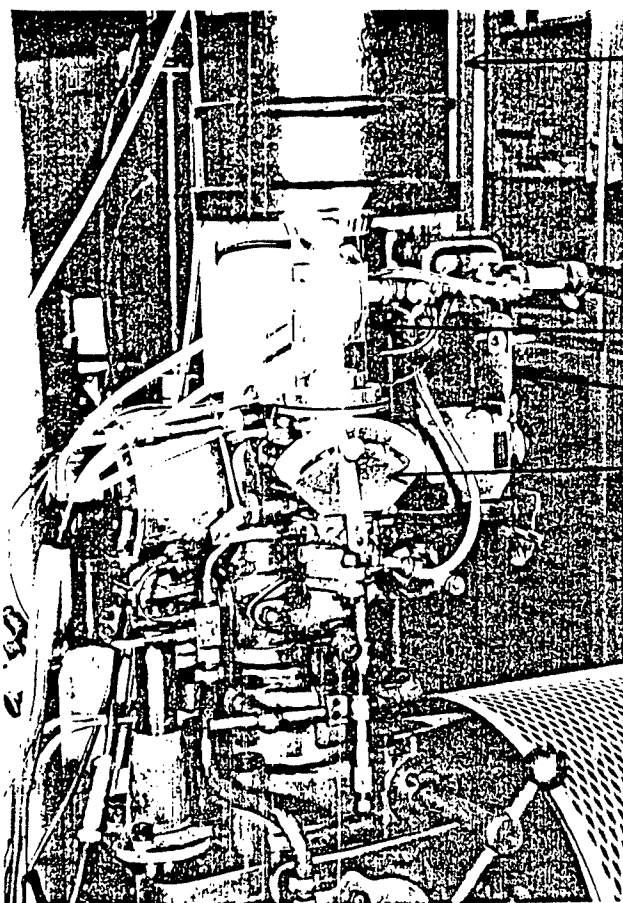
Moteur
Ricardo



Débitmètre
Alcock

Dynamomètre

Figure 6: Moteur Ricardo, débitmètre à air et dynamomètre



Débitmètre à air

Ligne de gaz naturel

Mélangeur air-gaz

Contrôle de l'allumage

Contrôle de l'ouverture
du papillon

Figure 7: Mélangeur air-gaz et tête du moteur Ricardo

DISCUSSION DES RÉSULTATS

Compte tenu de la grande quantité de tableaux de résultats et de graphiques, ceux-ci ont été reportés en annexes B et C. Pour faciliter l'analyse des résultats, les graphiques les plus significatifs sont reproduits dans ce chapitre. Il faut noter que, sur les graphiques et les tableaux, les variables sont identifiées à l'aide de leur symbole informatique (voir "Liste des symboles" au début du texte).

Les résultats obtenus à l'essence seront comparés à ceux obtenus au gaz naturel lorsque λ est optimal, car dans les deux cas, on recherche la puissance maximale; les résultats pour les deux types d'essais au gaz naturel ($\lambda = 1.0$ et λ optimal) seront comparés l'un à l'autre.

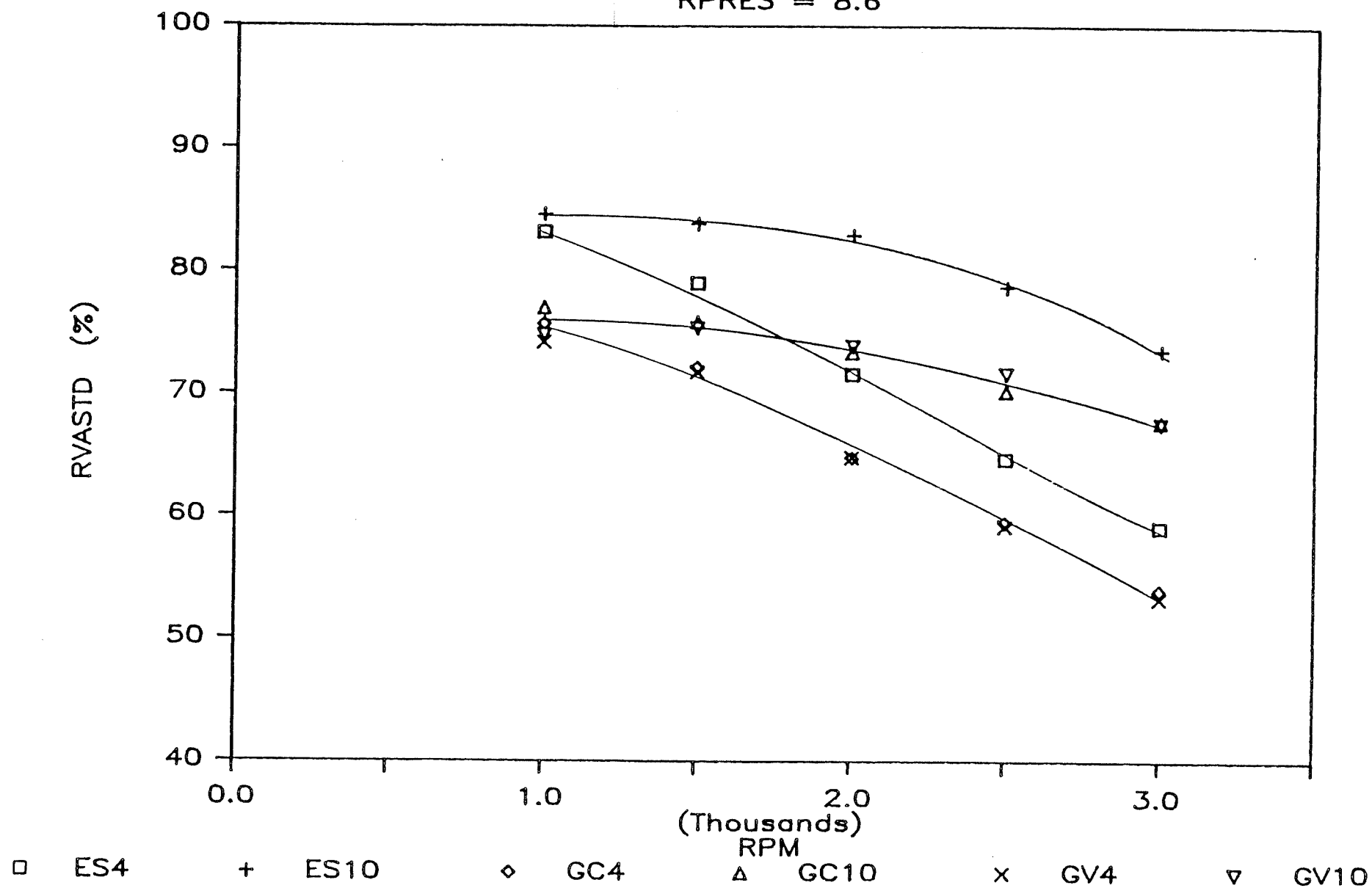
La description des abréviations utilisées dans les graphiques se trouve au début du rapport à la rubrique intitulée "Abréviations utilisées pour les graphiques":

Graphiques 1-6 : Rendement volumétrique de l'air aux conditions TPN en fonction de la vitesse angulaire du moteur pour un taux de compression fixe (voir Graph-2)

Le rendement volumétrique est maximum pour les plus faibles vitesses (1 000 et 1 500 tpm) puis il décroît rapidement lorsque

RVASTD VS RPM

RPRES = 8.6



GRAPHIQUE 2: Rendement volumétrique de l'air aux conditions TPN* en fonction de la vitesse angulaire du moteur pour un taux de compression fixe

la vitesse augmente, ce comportement se retrouve pour toutes les ouvertures de papillon, taux de compression et types de combustible.

A faible vitesse (1000, 1500 tpm) l'ouverture du papillon a peu d'influence sur le rendement volumétrique mais plus la vitesse augmente plus la position du papillon influence ce rendement.

Le tableau #1 montre les rendements volumétriques (en %) obtenus à des taux de compression de 8.6 et 10 et pour différentes ouvertures de papillon. Le paramètre $\Delta 1$ représente la différence (en %) entre les rendements obtenus lorsque le moteur fonctionne à l'essence et au gaz naturel, λ optimal, et $\Delta 2$ est la différence obtenue en fonctionnement au gaz naturel pour le cas où λ est optimal et le cas où $\lambda = 1.0$.

Dans la première comparaison ($\Delta 1$), pour 1000 tpm, on observe une diminution d'en moyenne 8.8% à $RPRES = 8.6$ et de 10.1% à $RPRES = 10$, et pour 3000 tpm on obtient une diminution similaire de 6% pour les deux taux de compression. L'essence permet donc d'atteindre un rendement volumétrique supérieur à celui obtenu avec le gaz naturel car l'essence ne se vaporise que dans le cylindre, elle est sous forme de fines gouttelettes dans les conduits d'alimentation n'occupant ainsi qu'un volume très faible. Le gaz naturel se trouve déjà sous forme gazeuse à l'entrée du mélangeur ce qui fait qu'il déplace une certaine

quantité d'air (de 6 à 10%). A chaque aspiration du piston, une masse plus grande de mélange air-essence sera admise dans la chambre de combustion, on peut donc s'attendre à une plus grande puissance pour une même vitesse angulaire du moteur lorsque celui-ci brûle de l'essence.

La deuxième comparaison ($\Delta 2$) montre qu'il y a en fonctionnement au gaz naturel, une faible augmentation (de 1 à 2%) de rendement volumétrique pour un mélange stoechiométrique par rapport à un mélange permettant d'obtenir la puissance maximale (λ optimal). Le mélange étant plus riche dans le deuxième cas, il y a donc une plus grande quantité d'air déplacée par le gaz naturel.

RPRES = 8.6										
PAPIL	ESSENCE		GN λ = OPTIMAL				GN λ = 1.0			
	1000 (tpm)	3000 (tpm)	1000 (tpm)	$\Delta 1$ (%)	3000 (tpm)	$\Delta 1$ (%)	1000 (tpm)	$\Delta 2$ (%)	3000 (tpm)	$\Delta 2$ (%)
4	83.2	59.1	74.2	- 9.0	53.3	-5.8	75.7	1.5	54.0	0.7
6	82.3	69.6	74.3	- 8.0	63.8	-5.8	76.3	2.0	63.8	0.0
8	83.3	72.8	74.8	- 8.5	66.6	-6.2	77.7	2.9	66.8	0.2
10	84.6	73.6	74.8	- 9.8	67.7	-5.9	77.0	2.2	67.7	0.0

RPRES = 10.0										
PAPIL	ESSENCE		GN λ = OPTIMAL				GN λ = 1.0			
	1000 (tpm)	3000 (tpm)	1000 (tpm)	$\Delta 1$ (%)	3000 (tpm)	$\Delta 1$ (%)	1000 (tpm)	$\Delta 2$ (%)	3000 (tpm)	$\Delta 2$ (%)
4	84.1	58.9	74.2	- 9.9	53.7	-5.2	76.4	2.2	54.9	1.2
6	84.6	69.7	74.3	-10.3	63.4	-6.3	76.3	2.0	64.8	1.4
8	84.6	73.2	74.3	-10.3	66.7	-6.5	76.0	1.7	68.1	1.4
10	84.0	73.9	74.2	- 9.8	67.6	-6.3	76.0	1.8	69.3	1.7

TABLEAU 1 - Rendement volumétrique (%) en fonction de l'ouverture du papillon (PAPIL) pour des taux de compression (RPRES) de 8.6 et 10.0.

Graphiques 7-10 : Rendement volumétrique de l'air aux conditions TPN en fonction du taux de compression pour une ouverture de papillon donnée (voir Graph-9)

Le taux de compression semble avoir une influence relativement faible sur le rendement volumétrique (moins de 3%). On peut toutefois noter que ce rendement atteint un maximum pour un taux de compression entre 10 et 12 avec du gaz naturel et entre 9 et 10 pour de l'essence.

Graphiques 11-13: Rendement volumétrique du mélange aux conditions TPN (air + combustible) en fonction de la vitesse angulaire du moteur (voir Graph-13)

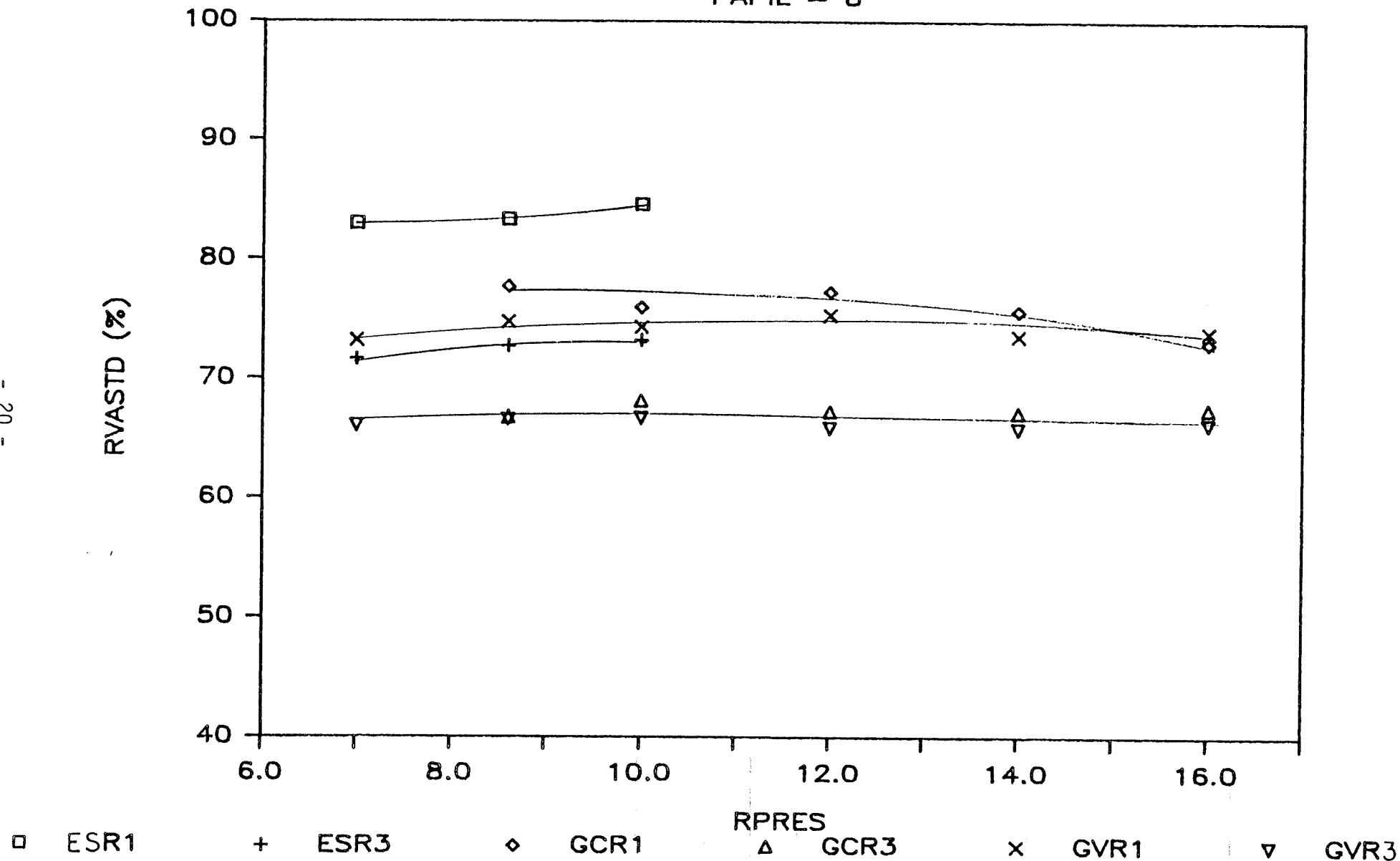
Le carburateur (pour l'essence) et le mélangeur (pour le gaz naturel) sont des systèmes pneumatiques qui réagissent à des différences de pression et n'ont de contrôle que sur des débits volumétriques, peu importe la composition. Lorsque l'on compare le rendement volumétrique du mélange air + gaz naturel on obtient des valeurs similaires à celles obtenues dans le cas de l'essence. Le déficit observé pour le rendement volumétrique pour l'air seul au gaz naturel est comblé par l'addition du débit de gaz naturel.

Graphiques 14-16: Couple en fonction de la vitesse angulaire du moteur pour chaque mélange (voir Graph-16)

RVASTD VS RPRES

PAPIL = 8

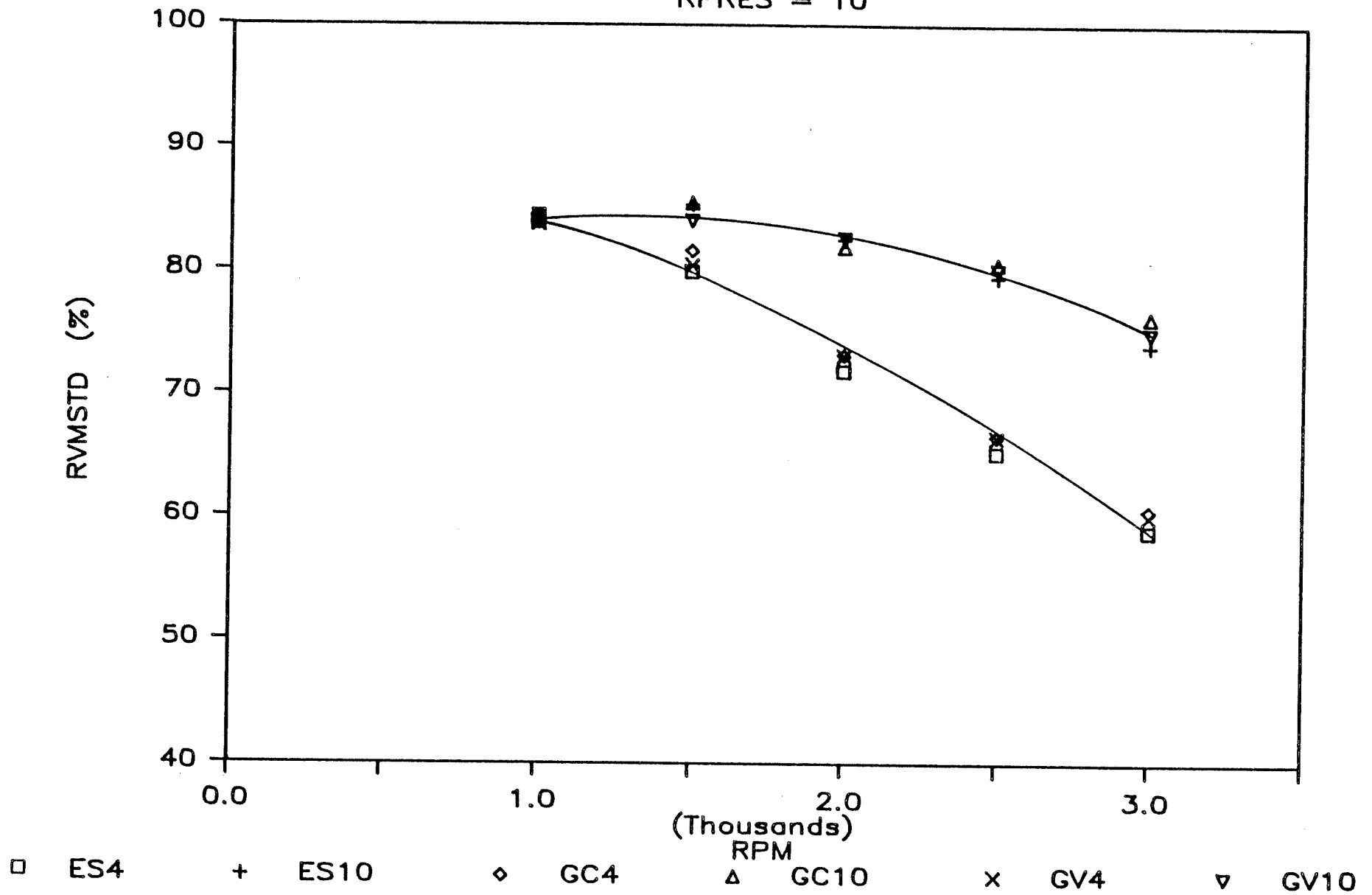
- 20 -



GRAPHIQUE 9: Rendement volumétrique de l'air aux conditions TPN* fonction du taux de compression pour une ouverture de papillon donnée

RVMSTD VS RPM

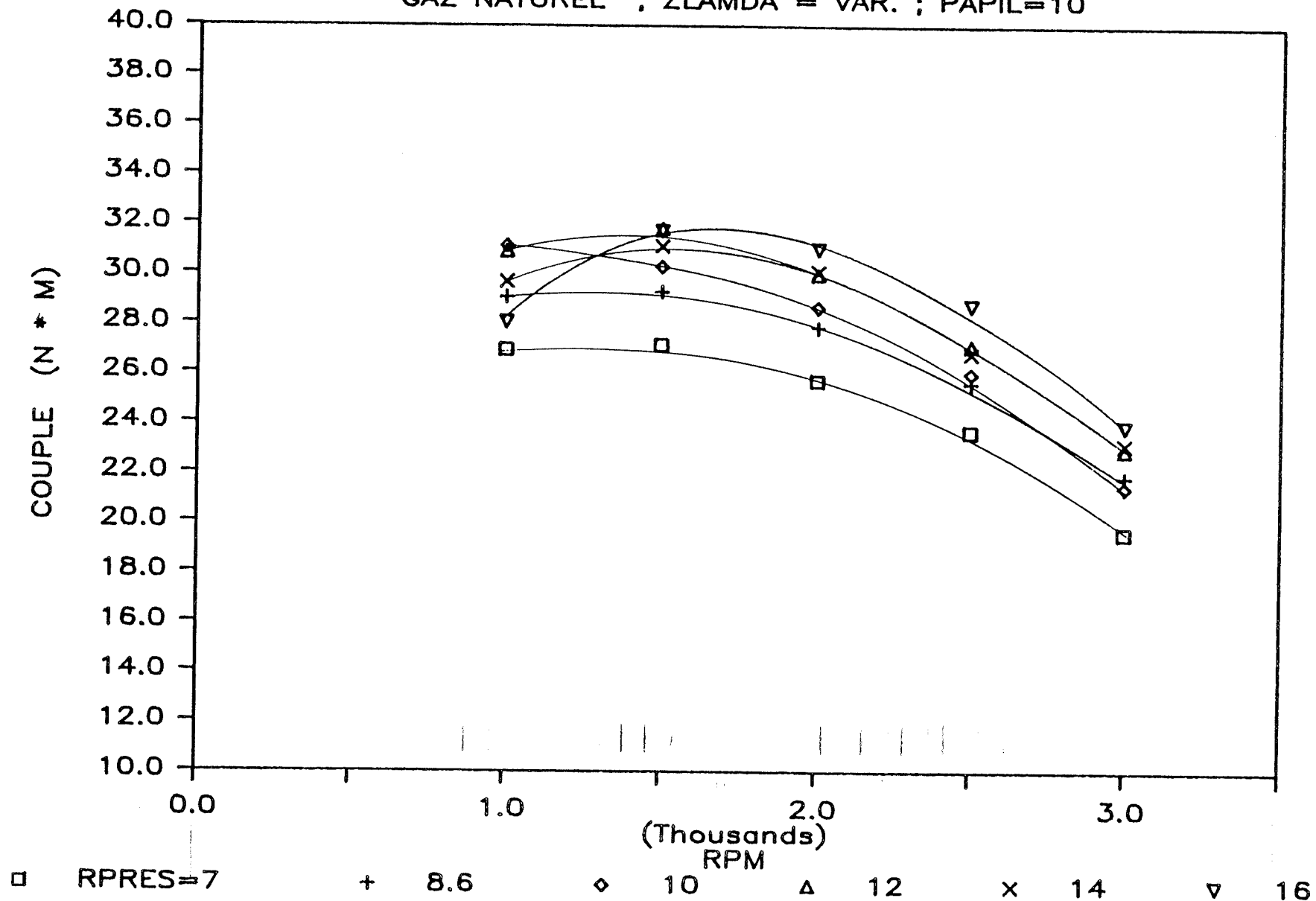
RPRES = 10



GRAPHIQUE 13: Rendement volumétrique du mélange aux conditions TPN* (air+combustible) en fonction de la vitesse angulaire du moteur

COUPLE VS RPM

GAZ NATUREL ; ZLAMDA = VAR. ; PAPIL=10



GRAPHIQUE 16: Couple en fonction de la vitesse angulaire du moteur pour chaque mélange

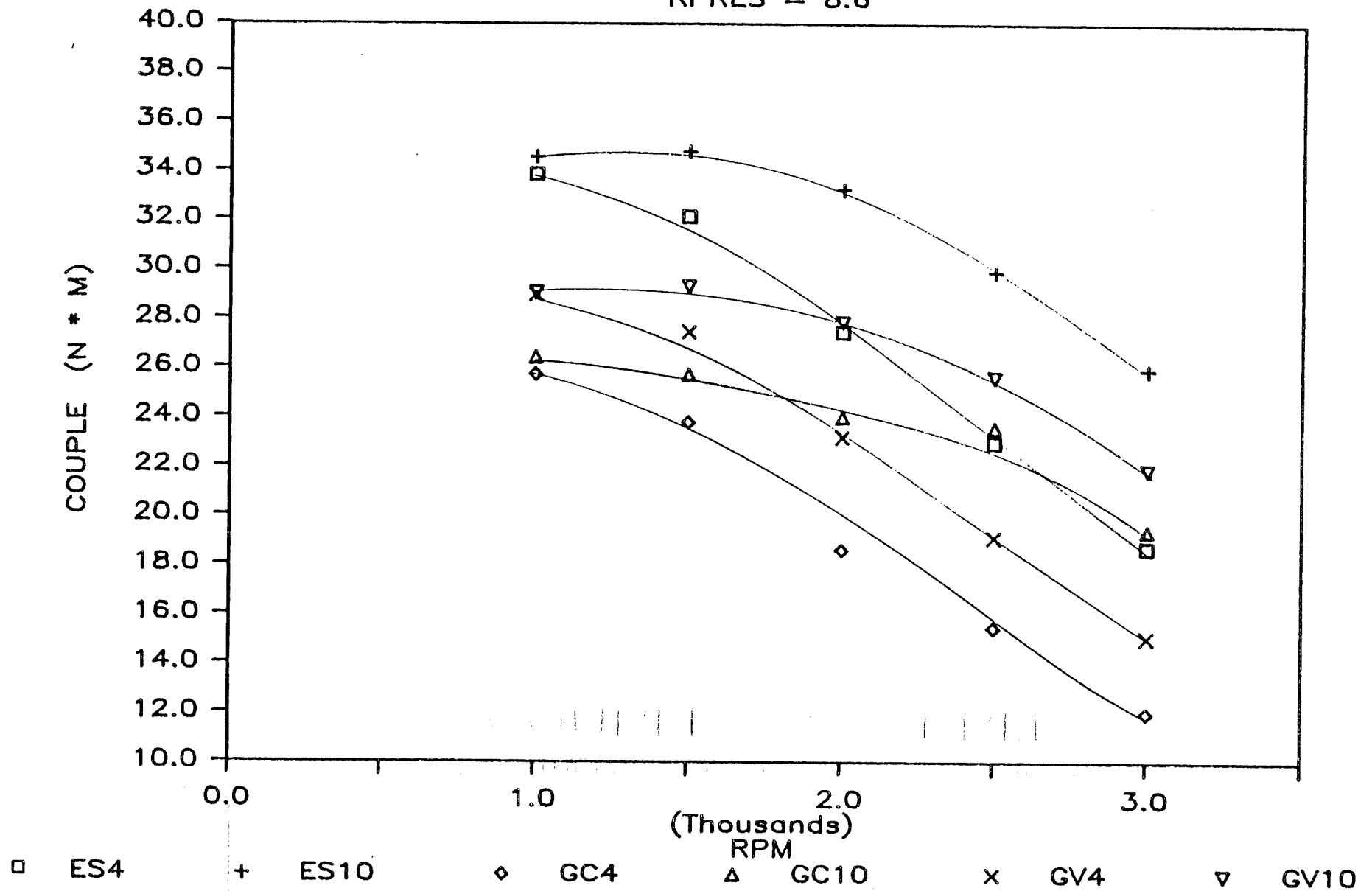
La variation du couple est relativement semblable dans les trois cas considérés pour les taux de compression de 7, 8.6 et 10 : une augmentation de RPRES fait augmenter le couple et les maxima se trouvent à basses vitesses (1 000, 1 500 tpm). Pour des taux de compression plus élevés, au gaz naturel, on note un déplacement vers la droite des maxima ainsi qu'un plafonnement du couple obtenu autour de 31 Newton * mètre. C'est le phénomène de détonation qui provoque cette stagnation. Le diagramme P-V obtenu sur l'oscilloscope permettait d'observer l'apparition de la détonation.

Graphiques 17-18: Couple en fonction de la vitesse angulaire du moteur pour les trois mélanges et à deux ouvertures de papillon (voir Graph-17)

Pour un même combustible, il y a une forte augmentation du couple à haute vitesse lorsque l'ouverture du papillon passe de la position 4 à la position 10 (complètement ouvert), à basse vitesse la position du papillon a très peu d'influence.

COUPLE VS RPM

RPRES = 8.6



GRAPHIQUE 17: Couple en fonction de la vitesse angulaire du moteur pour les trois mélanges et à deux ouvertures de papillon

COUPLE (N-M)										
PAPIL = 10										
IRPRES	ESSENCE		GN λ OPTIMAL				GN λ = 1.0			
	1000	3000	1000	$\Delta 1$	3000	$\Delta 1$	1000	$\Delta 2$	3000	$\Delta 2$
	(tpm)	(tpm)	(tpm)	(%)	(tpm)	(%)	(tpm)	(%)	(tpm)	(%)
7.0	33.7	23.8	27.0	-19.9	19.6	-17.7				
8.6	34.6	25.9	29.1	-15.9	21.9	-15.4	26.4	-9.3	19.4	-11.4
10	36.2	27.3	31.1	-14.1	21.5	-21.2	28.8	-7.4	20.4	-5.1
12			30.9		23.0		27.5	-11.0	19.7	-14.3
14			29.7		23.2		28.2	-5.1	21.7	-6.5
16			28.1		23.9		27.2	-3.2	22.1	-7.5

TABLEAU 2 - Couple obtenu pour les trois mélanges et comparaison entre l'essence, le gaz naturel avec λ optimal et gaz naturel avec $\lambda = 1.0$. Le papillon est grand ouvert (PAPIL = 10)

Dans le tableau 2, le paramètre $\Delta 1$ est la différence en pourcentage entre le couple mesuré dans le cas du fonctionnement à l'essence et le cas du fonctionnement au gaz naturel, λ optimal; le paramètre $\Delta 2$ est la différence en pourcentage entre le couple mesuré dans le cas du fonctionnement au gaz naturel λ optimal et le cas du fonctionnement au gaz naturel $\lambda = 1.0$.

Dans tous les cas l'essence produit le couple le plus élevé. Lorsque l'on compare l'essence et le gaz naturel, λ optimal ($\Delta 1$) pour des taux de compression identiques, on obtient en moyenne une différence moyenne d'environ 16% à basse vitesse et 18% à haute vitesse. Mais lorsque l'on compare le couple le plus élevé indépendamment du taux de compression, la différence est alors réduite à 14% à basse vitesse et à 12% à haute vitesse (27.3 N*m à l'essence pour RPRES = 10 et 23.9 N*m au gaz naturel pour RPRES = 16). Cette différence entre les deux combustibles s'explique en partie par la réduction du rendement volumétrique au gaz naturel tel que mentionné précédemment (réduction de 9% à 10% à 1000 tpm et de 6% à 3000 tpm) et également par une vitesse de flamme plus lente pour le gaz naturel.

Alors que l'écart entre l'essence et le gaz naturel diminue pour les rendements volumétriques lorsque la vitesse augmente, on observe une augmentation de l'écart dans le cas du couple lorsque la vitesse passe de 1000 tpm à 3000 tpm, ce qui est un comportement prévisible compte tenu des vitesses de flammes de chacun des combustibles.

De la même façon, le gaz naturel produit dans tous les cas pour λ optimal, un couple plus élevé que pour $\lambda = 1.0$, mais ici la différence est moins importante, en moyenne 7.8% à 1000 tpm et 10% à 3000 tpm. La richesse du mélange est alors la cause principale de cette différence.

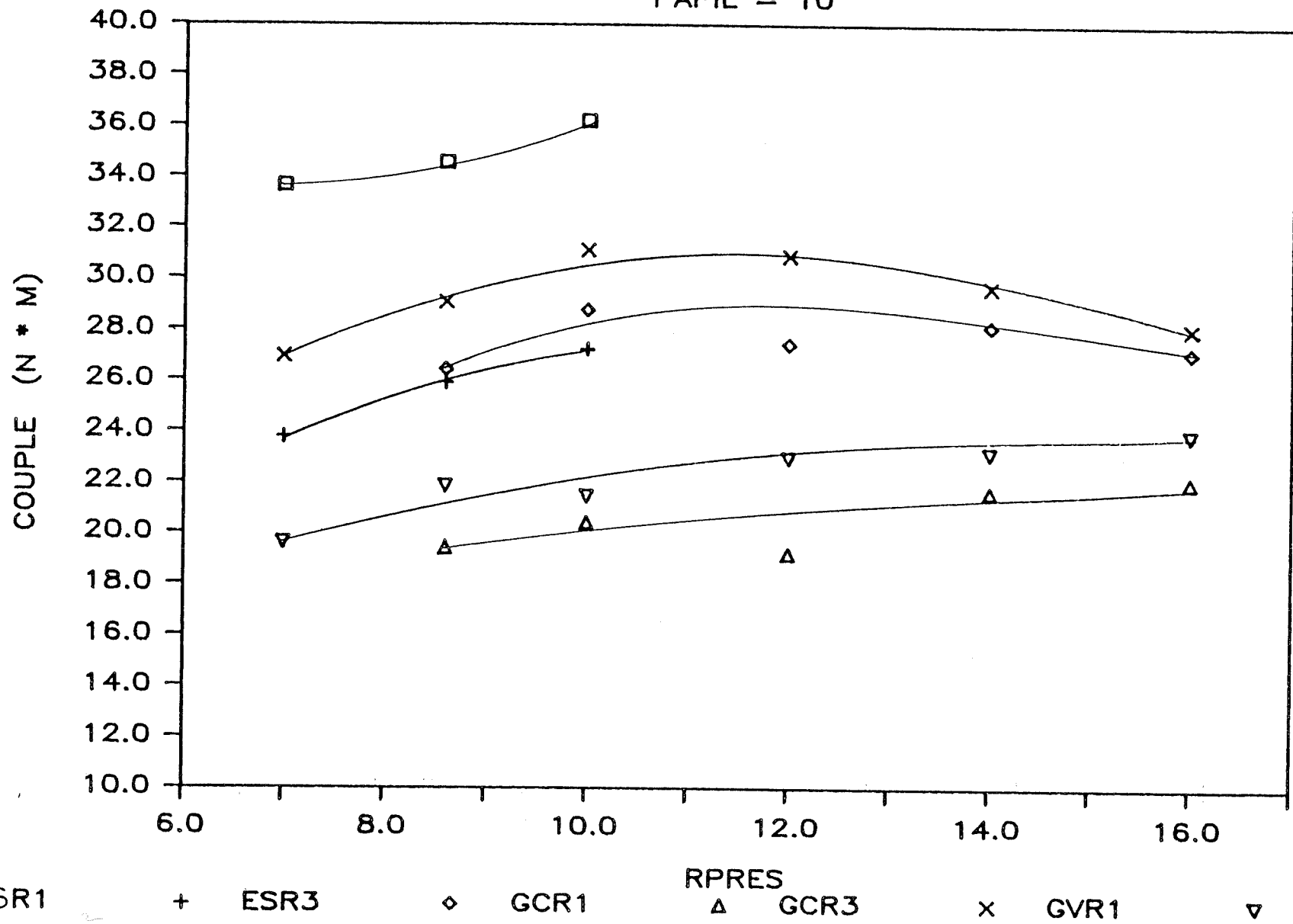
Graphiques 19-22: Couple en fonction du taux de compression pour les trois mélanges et deux vitesses (voir Graph-22)

Ce qui ressort de ces graphiques c'est la différence de comportement qu'affiche le gaz naturel à basse vitesse et à haute vitesse. A 3000 tpm dans les deux types de mélange, il se produit une augmentation faible mais régulière du couple lorsque le taux de compression augmente. Par contre à 1000 tpm, il y a un plafonnement du couple pour un taux de compression de 12, puis diminution. Ce phénomène est dû au "délai d'allumage", qui est le laps de temps qui s'écoule entre le moment où les conditions d'inflammation spontanées sont atteintes et celui où la détonation se produit. A basse vitesse, les gaz combustibles résident plus longtemps dans le cylindre et il est alors plus facile d'atteindre la détonation. Lors des essais, le diagramme P-V du cycle était enregistré sur un oscilloscope et la détonation était notée dès son apparition. Des corrections étaient alors faites soit à l'avance d'allumage soit au rapport Air/Combustible pour éviter que la détonation se continue, ces corrections avaient comme conséquence de réduire le couple produit.

Une autre observation importante a trait à la variation du couple entre le plus bas et le plus haut taux de compression atteint pour chaque combustible. Pour une vitesse de 3000 tpm,

COUPLE VS RPRES

PAPIL = 10



GRAPHIQUE 22: Couple en fonction du taux de compression pour les trois mélanges et deux vitesses

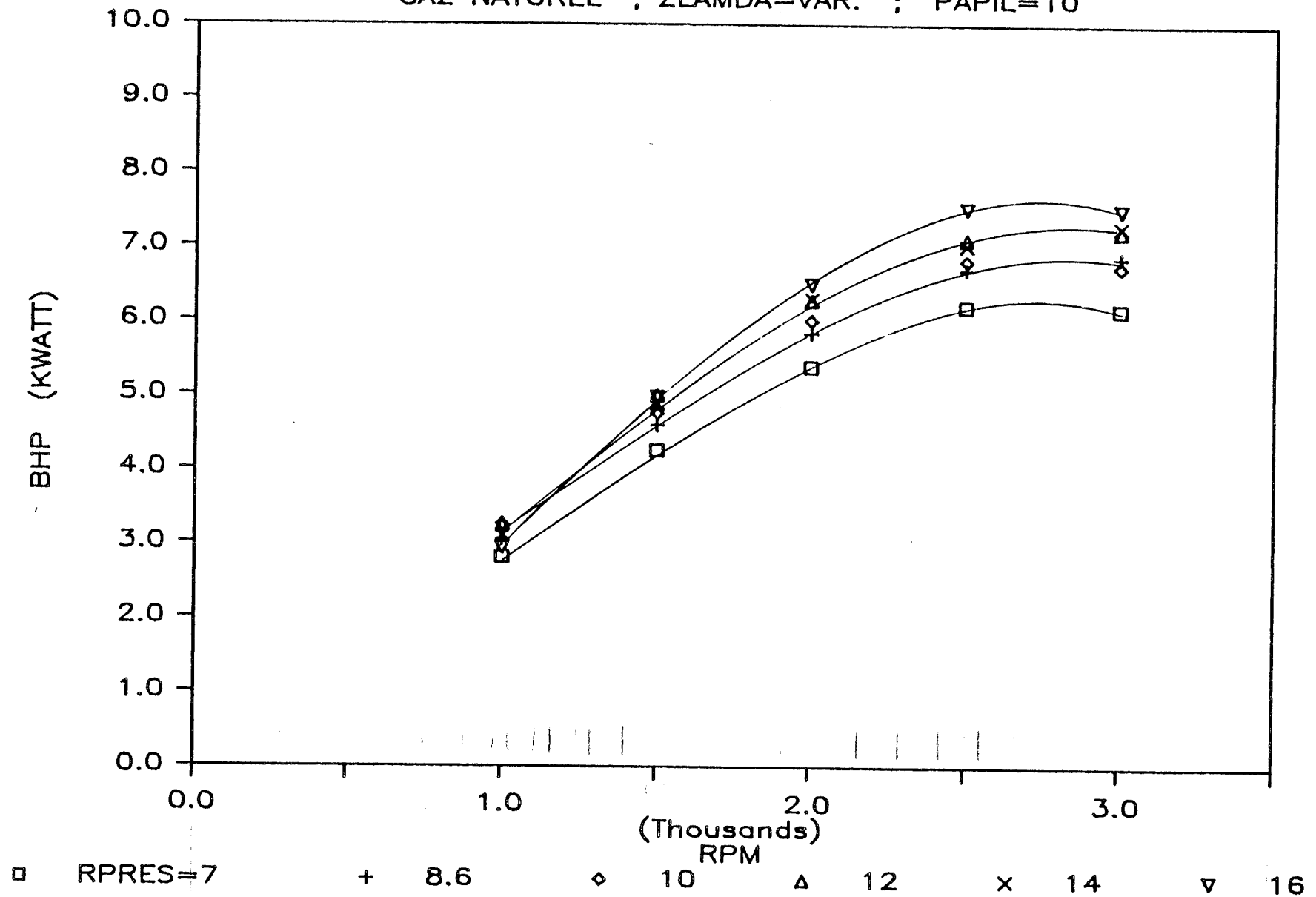
l'essence voit son couple bénéficier d'une augmentation de 14.7% lorsque RPRES passe de 7 à 10, le gaz naturel (λ optimal) quant à lui permet une augmentation du couple de 22% lorsque RPRES passe de 7 à 16, mais cet accroissement provient principalement d'une plage de taux de compression plus étendue dans ce dernier cas, plage qu'il n'est pas possible d'obtenir avec l'essence à cause de la détonation.

Graphiques 23-25: Puissance au frein en fonction de la vitesse angulaire du moteur pour chaque mélange et papillon grand ouvert (voir Graph-25)

Dans les trois cas considérés, les courbes présentent la même forme quoique, pour l'essence, le maximum de puissance se trouve légèrement plus à droite que pour le gaz naturel. On observe que plus le taux de compression augmente, plus il est possible d'obtenir une puissance élevée. Pour les trois mélanges, c'est la détonation qui empêche l'augmentation du taux de compression à des valeurs plus élevées.

BHP VS RPM

GAZ NATUREL ; ZLAMDA=VAR. ; PAPIL=10



GRAPHIQUE 25: Puissance au frein en fonction de la vitesse angulaire du moteur pour chaque mélange et papillon grand ouvert

BHP (KWATT) PAPIL = 10.0										
RPRES	ESSENCE		GN λ OPTIMAL				GN λ = 1.0			
	1 000	3 000	1 000	$\Delta 1$	3 000	$\Delta 1$	1 000	$\Delta 2$	3 000	$\Delta 2$
	(tpm)	(tpm)	(tpm)	(%)	(tpm)	(%)	(tpm)	(%)	(tpm)	(%)
7	3.52	7.48	2.82	-19.9	6.17	-17.5				
8.6	3.62	8.15	3.05	-15.8	6.87	-15.7	2.77	-9.2	6.10	-11.2
10	3.79	8.56	3.26	-14.0	6.74	-21.2	3.01	-7.7	6.42	-4.8
12			3.24		7.22		2.88	-11.1	6.17	-14.5
14			3.11		7.28		2.95	-5.1	6.80	-6.6
16			2.94		7.51		2.84	-3.4	6.93	-7.7

TABLEAU 3 - Puissance produite par les trois mélanges; le papillon est grand ouvert (PAPIL = 10)

Pour une même vitesse de rotation, le couple et la puissance sont reliés par une constante, les conclusions obtenues pour le couple sont donc directement transposables pour la puissance (voir tableau 3 et tableau 2). Pour λ optimal, la réduction de puissance est en moyenne de 16% à 1000 tpm en passant de l'essence au gaz naturel et de 18% à 3000 tpm; pour le gaz naturel, entre λ optimal et $\lambda = 1.0$, on obtient une réduction de l'ordre de 7% à 1000 tpm et de 9% à 3000 tpm.

Pour λ optimal, la réduction de rendement volumétrique obtenue avec le gaz naturel par rapport à l'essence (9 à 10% à basse vitesse et 6% à haute vitesse) est responsable d'une partie équivalente de la baisse de puissance, la partie restante de cette réduction (6% à 1000 tpm et 12% à 3000 tpm) peut être imputée à la différence de vitesse de flamme entre les deux mélanges. Ce paramètre prend de plus en plus d'importance lorsque la vitesse de rotation augmente.

Graphiques 26-27: Puissance au frein en fonction de la vitesse angulaire du moteur pour un taux de compression et deux ouvertures de papillon (voir Graph-26)

Voir les observations faites pour le couple, graphiques 17-18.

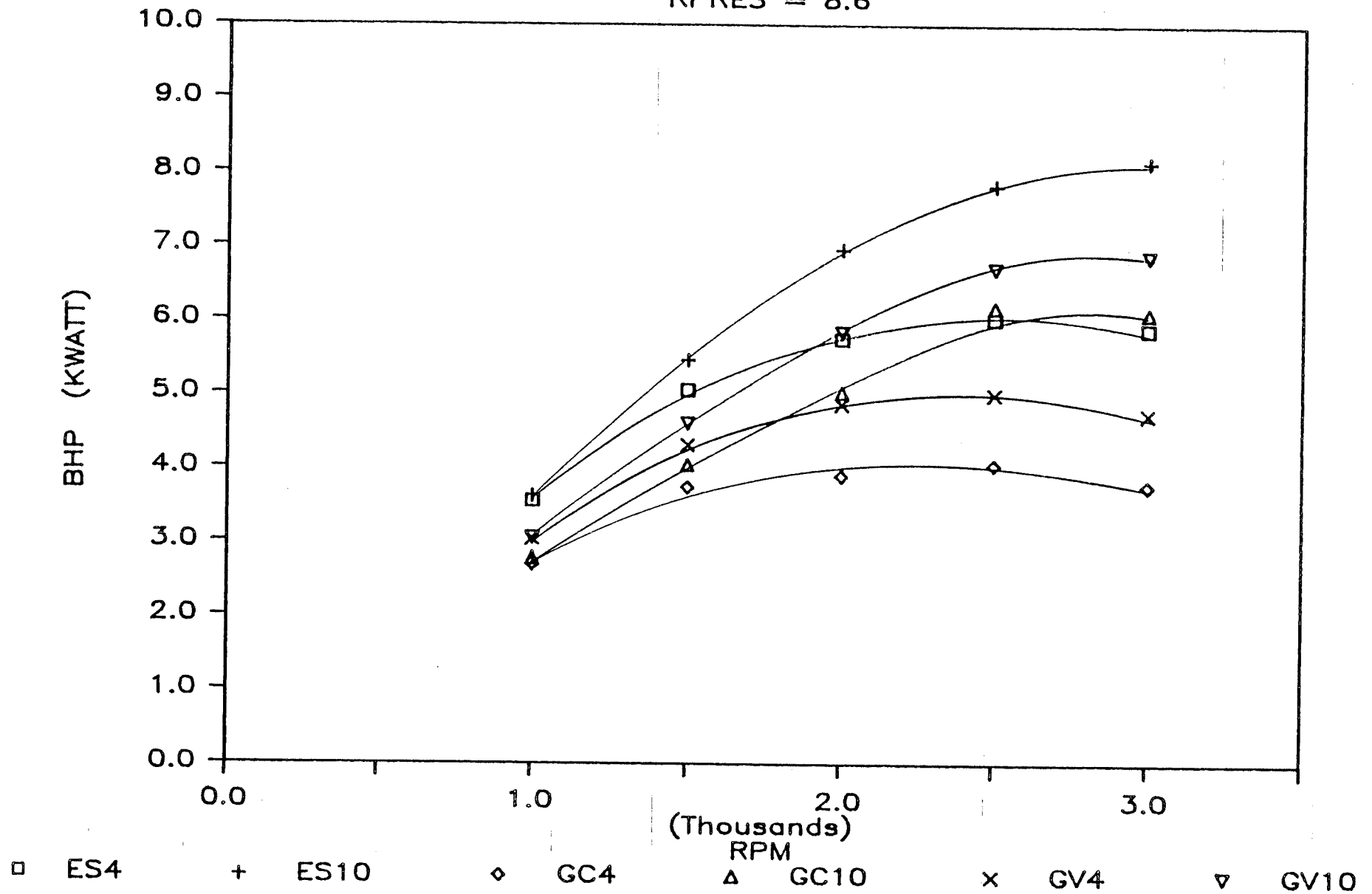
Graphiques 28-31: Puissance au frein en fonction du taux de compression pour une ouverture de papillon fixe (voir Graph-31)

Voir les observations faites pour le couple, graphiques 19-22.

Graphiques 32-34: Variation du rendement thermique au frein en fonction de la vitesse angulaire du moteur pour différents taux de compression et pour chaque mélange (voir Graph-32).

BHP VS RPM

RPRES = 8.6

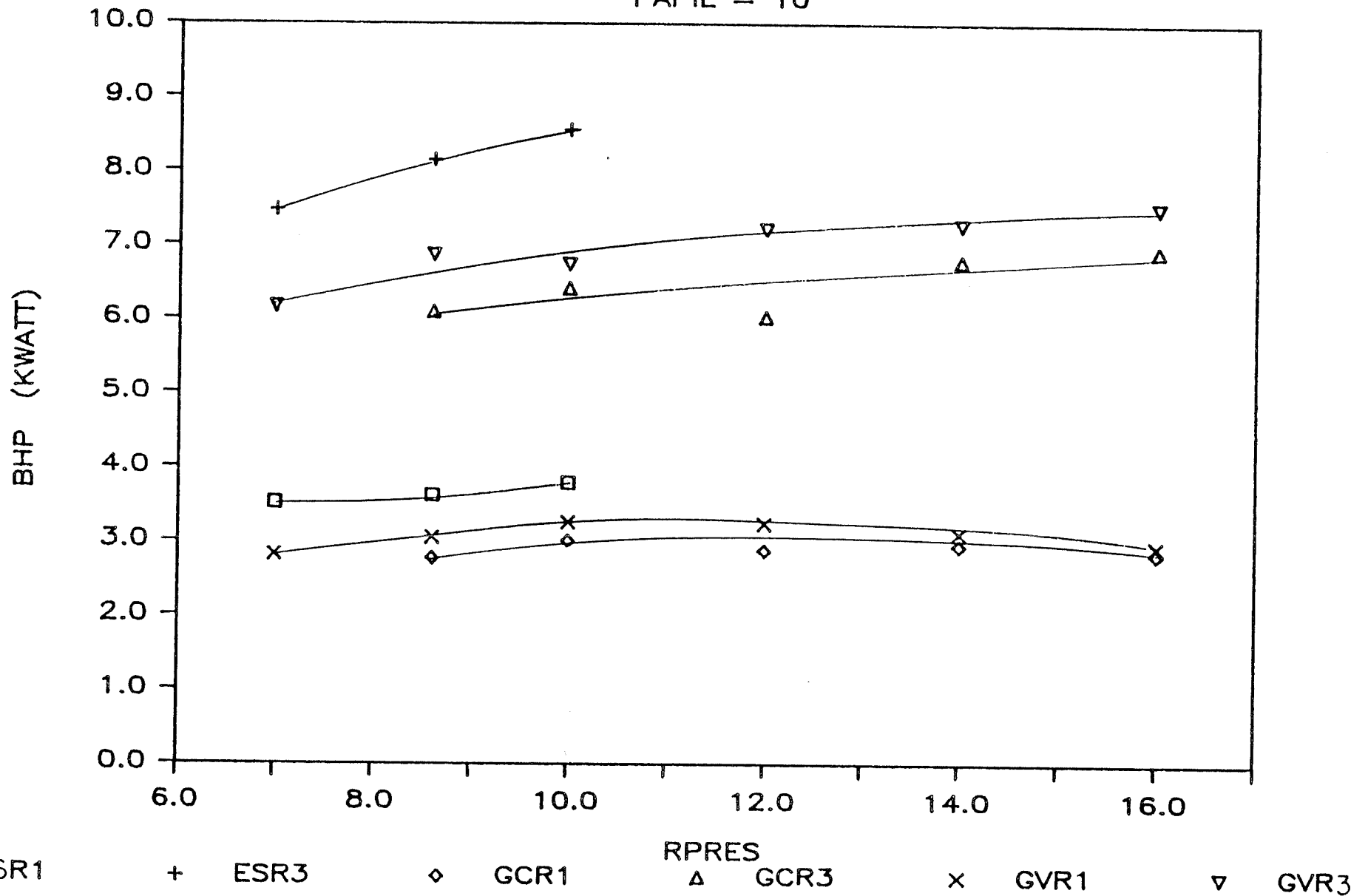


GRAPHIQUE 26: Puissance au frein en fonction de la vitesse angulaire du moteur pour un taux de compression et deux ouvertures de papillon

BHP VS RPRES

PAPIL = 10

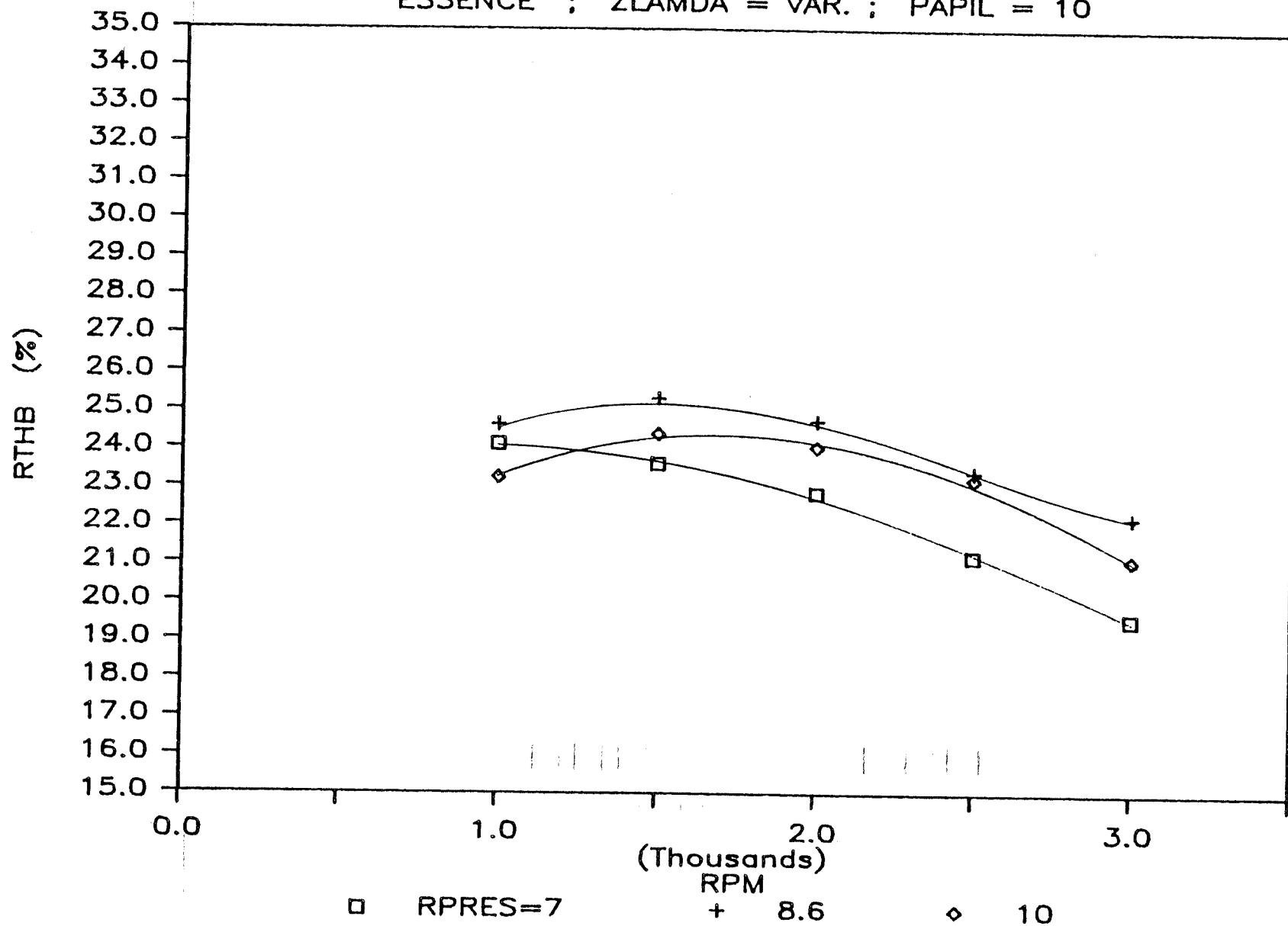
- 34 -



GRAPHIQUE 31: Puissance au frein en fonction du taux de compression pour une ouverture de papillon fixe

RTHB VS RPM

ESSENCE ; ZLAMDA = VAR. ; PAPIL = 10



GRAPHIQUE 32: Variation du rendement thermique au frein en fonction de la vitesse angulaire du moteur pour différents taux de compression et chaque mélange

Dans le cas du fonctionnement à l'essence, le rendement s'améliore lorsque le taux de compression passe de 7/1 à 8.6/1 pour ensuite décroître lorsque le taux de compression passe à 10/1. Le maximum se déplace vers la droite lorsque le taux de compression augmente (1 000 tpm pour 7/1 à 1 500 tpm pour 10/1). On observe les mêmes comportements lorsque le moteur Ricardo est alimenté avec du GN (λ optimal), les meilleurs rendements sont obtenus pour un taux de compression entre 12 et 14 et le déplacement vers la droite des maxima les fait passer de 1500 tpm à 2000 tpm. Au GN, utilisant un mélange stœchiométrique, le rendement atteint le maximum lorsque RPRES se trouve entre 14/1 et 16/1.

Le graphique 33 (le moteur fonctionnant au gaz naturel, $\lambda = 1.0$) présente des anomalies pour les taux de compression de 10/1 et 12/1; des erreurs de mesure peuvent être à la source de ce comportement et il faut dire également qu'il est difficile de fixer en cours d'essais les proportions Air/Gaz naturel pour obtenir exactement le mélange stœchiométrique. Une certaine imprécision est inévitable compte tenu de la méthode expérimentale utilisée. De nouveaux essais devraient être faits pour préciser le comportement du moteur dans cette région.

Le graphique 34 (fonctionnement au gaz naturel, λ optimal) présente pour un taux de compression de 16/1 un comportement différent de celui obtenu pour les autres taux de compression. Les conditions de détonation sont très facilement atteintes pour

un rapport de 16/1 ce qui oblige à utiliser un mélange beaucoup plus riche, surtout à 1000 tpm, pour pouvoir atteindre le couple maximum tout en évitant l'auto-ignition.

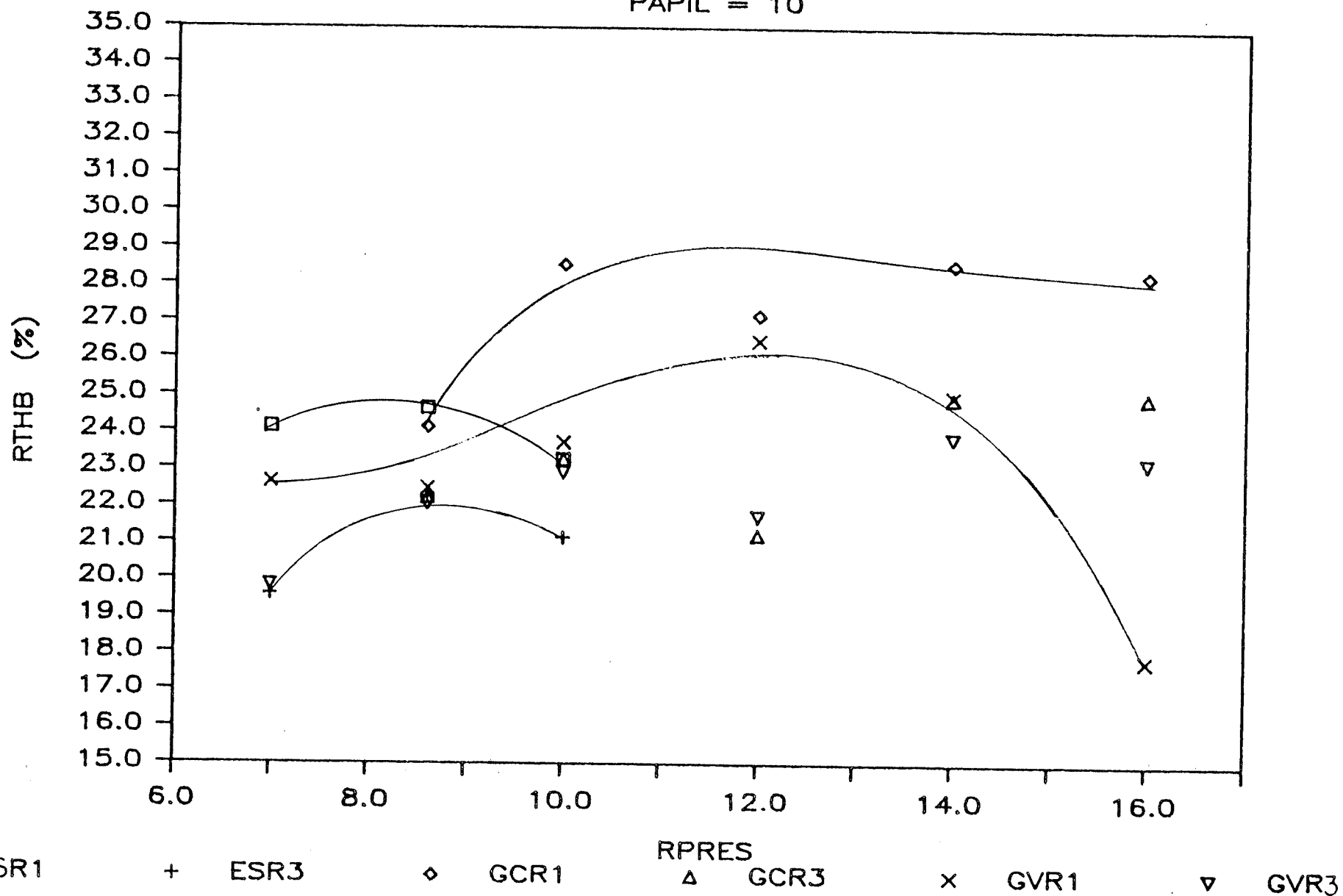
Graphiques 35-38: Rendement thermique au frein en fonction du taux de compression pour les trois mélanges et une ouverture de papillon fixe (voir Graph-38)

Les erreurs expérimentales dont il a déjà été question pour les graphiques 32 à 34 apparaissent également sur les graphiques 35 à 38 aux taux de compression de 10/1 et 12/1. L'analyse des résultats dans cette zone est basée sur la tendance générale observée, de nouveaux essais devront être faits pour en vérifier la validité.

Pour l'essence, le rendement montre un maximum très net à un taux de compression de 8.6/1; on peut expliquer ceci par le fait qu'en augmentant ce rapport, on augmente la puissance fournie mais lorsque la pression dans le cylindre devient plus grande, il faut enrichir le mélange suffisamment pour retarder la détonation, ce faisant on pénalise le rendement thermique. On retrouve ce comportement avec du GN (λ optimal) pour 1000 tpm mais le maximum est déplacé vers la droite autour de 12/1. Il y a ensuite une chute très rapide de rendement. Pour 3000 tpm le rendement plafonne à partir de 12/1, il y a très peu de variation passé ce point. Cette constatation s'applique également au gaz naturel ($\lambda = 1.0$) pour les deux vitesses.

RTHB VS RPRES

PAPIL = 10



GRAPHIQUE 38: Rendement thermique au frein en fonction du taux de compression pour les trois mélanges et une ouverture de papillon

Pour 3 000 tpm et un taux de compression de 8.6/1, le rendement est à peu près le même pour les trois mélanges, soit 22%. Pour 10/1, le rendement du moteur fonctionnant à l'essence diminue à 21% et, au gaz naturel, il augmente à 23%, ce qui est une variation négligeable, mais à partir de 12/1 le rendement atteint 25% au gaz naturel ($\lambda = 1.0$), par contre, au gaz naturel λ optimal le rendement thermique est plus élevé à basse vitesse qu'à haute vitesse, ce qui est principalement dû au rendement volumétrique qui se comporte de la même façon.

Le gaz naturel ($\lambda = 1.0$) permet d'atteindre les rendements les plus élevés (31%), le rapport A/F étant toujours près de la valeur stœchiométrique contrairement aux deux autres cas où le mélange est riche. λ optimal, aussi bien à l'essence qu'au gaz naturel permet d'atteindre des valeurs maximales de RTHB à peu près semblables (25% à l'essence et 26% au gaz naturel).

Toutes ces constatations au sujet du rendement thermique du moteur fonctionnant soit au gaz naturel soit à l'essence sont les conséquences de l'influence combinée de cinq facteurs principaux: le mélange Air/Gaz naturel est plus homogène que le mélange Air/Essence, le pouvoir calorifique inférieur (PCI) est plus élevé pour le GN que pour l'essence (47944 kJoules/kg pour le GN contre 43966 kJoules/kg pour l'essence), le GN supporte des taux de compression plus élevés que l'essence, la vitesse de flamme est plus rapide pour l'essence que pour le gaz naturel, le rendement volumétrique à l'essence est plus élevé qu'au gaz

naturel. Cette combinaison de facteurs donne un avantage à l'essence au chapitre de la puissance produite mais au sujet du rendement thermique l'avantage est en faveur du gaz naturel surtout pour des taux de compression supérieurs à 10/1.

Graphique 39: Paramètre λ en fonction du taux de compression pour papillon grand ouvert (voir Graph-39)

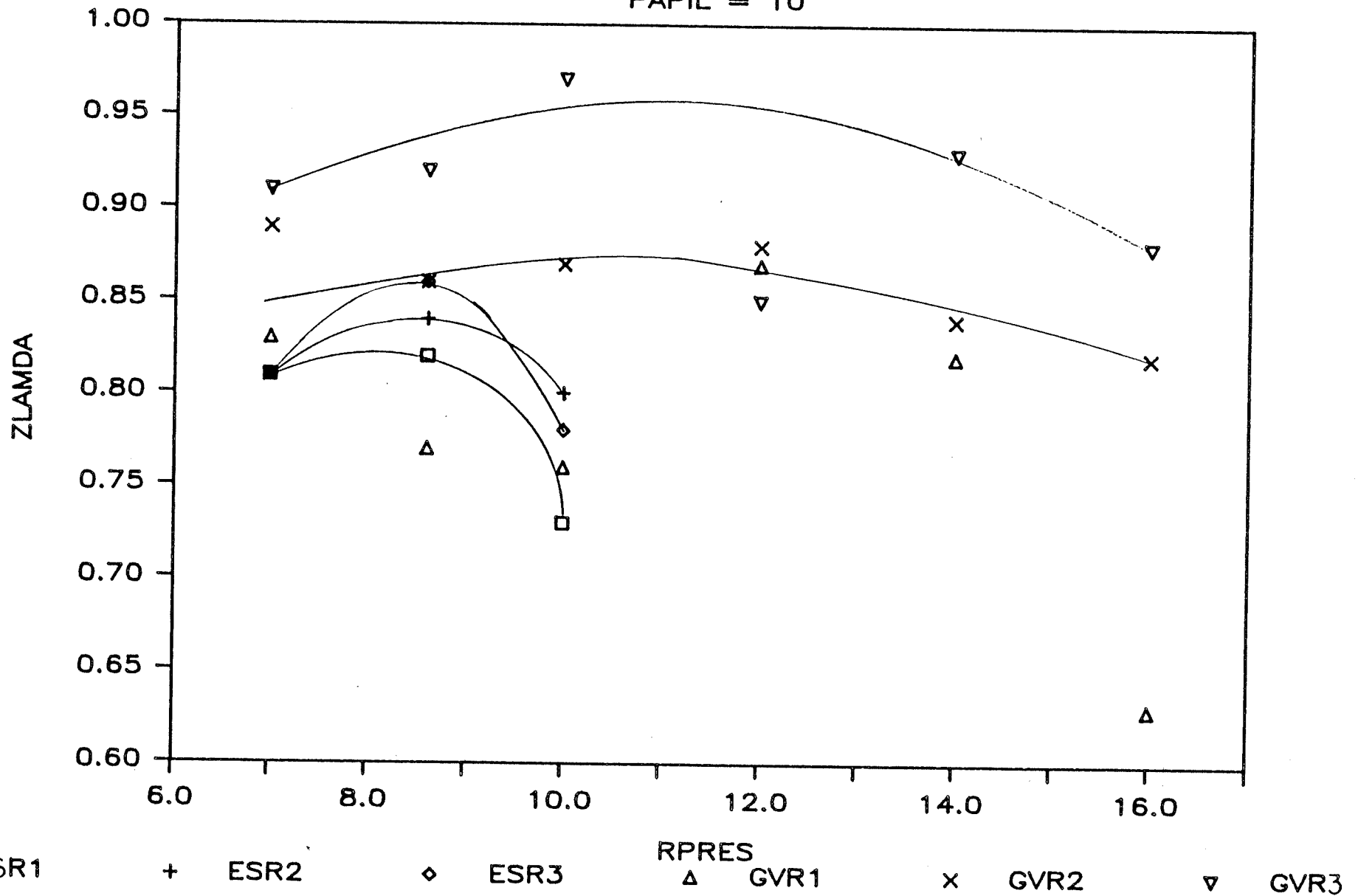
Les erreurs expérimentales observées pour les graphiques précédents sont également visibles sur celui-ci, c'est pour cette raison que la courbe n'a pas été tracée en fonctionnement au GN pour une vitesse de 1000 tpm. Par contre les tendances générales sont très nettes.

Pour les deux combustibles lorsque le couple maximum est recherché on observe que le mélange s'appauvrit (λ augmente) lorsque la vitesse augmente. Pour un taux de compression donné le moteur fonctionnant au gaz naturel nécessite un mélange moins riche qu'à l'essence pour atteindre la puissance maximum et plus la vitesse augmente plus cette différence grandie. En fonctionnement à l'essence c'est pour un taux de compression de 8.6/1 que le moteur utilise le mélange le plus pauvre; au gaz naturel, c'est pour un taux de compression entre 10/1 et 12/1.

ZLAMDA VS RPRES

PAPIL = 10

- 41 -



GRAPHIQUE 39: Paramètre λ en fonction du taux de compression pour papillon grand ouvert

CONCLUSION

Quoique les valeurs numériques de couple, de rendement thermique, ou d'autres paramètres calculés pour un moteur monocylindre ne peuvent être à priori utilisés pour prédire la performance d'un moteur multicylindres, il est toutefois vrai que les comportements sont très semblables et que les observations faites sur un moteur expérimental, tel que le moteur Ricardo, apportent des renseignements très pertinents pour prévoir le comportement d'un moteur de série.

La présente étude avait comme but de comparer le comportement du moteur Ricardo alimenté successivement à l'essence et au gaz naturel ($\lambda = 1.0$ ou λ optimal). Les principales conclusions qui en ressortent sont les suivantes:

- Le rendement volumétrique obtenu avec du gaz naturel pour λ optimal est plus faible que celui que donne l'essence, diminution entre 6 et 10% dépendant de la vitesse du moteur. Entre les deux mélanges de gaz naturel mis à l'essais ($\lambda = 1.0$ et λ optimal) il y a peu de différence, moins de 2% en faveur de $\lambda = 1.0$. Le taux de compression a peu d'influence sur le rendement volumétrique.

- L'essence produit un couple plus élevé, entre 16 et 18% supérieur que le gaz naturel pour un même taux de compression. La baisse de rendement volumétrique ainsi que la vitesse de flamme plus lente dans le cas du gaz naturel sont les principaux responsables de ce résultat. Avec du gaz naturel, λ optimal, donne un couple en moyenne entre 8 et 10 % plus élevé que pour le mélange stœchiométrique.
- Pour une vitesse de 3000 tpm le couple augmente lorsque le taux de compression augmente. Du fait que le gaz naturel possède un indice d'octane supérieur à celui de l'essence il est possible d'utiliser un taux de compression allant jusqu'à 16/1, ce qui permet d'accroître le couple. Par contre, à basse vitesse, le couple atteint sa valeur la plus élevée pour un taux de compression de 12/1.
- Les rendements thermiques les plus élevés sont obtenus au gaz naturel ($\lambda = 1.0$) pour un taux de compression entre 14/1 et 16/1 (31%), lorsque λ est optimal le maximum de rendement se trouve autour de 12/1. A l'essence le rendement le plus élevé est atteint pour un taux de compression de 8.6. Dans les deux derniers cas les valeurs maximales de rendement sont à peu près les mêmes soit 25%. Pour un taux de compression de 8.6/1 et à 3000 tpm les trois mélanges fournissent un rendement thermique égal de 22%.

- A un taux de compresssion donné, le gaz naturel utilise un mélange moins riche que l'essence pour obtenir le couple maximum et pour un combustible donné plus la vitesse de rotation augmente plus le mélange s'appauvrit. En fonctionnement à l'essence c'est pour un taux de compression de 8.6/1 que le moteur utilise le mélange le plus pauvre et au gaz naturel, c'est pour un taux de compression entre 10/1 et 12/1.

RECOMMANDATIONS

Cette étude met en lumière certains faits importants sur le comportement de l'essence et du gaz naturel comme combustible pour véhicules automobiles. Il est indéniable que l'essence fournit un couple et une puissance plus élevés que le gaz naturel dans les conditions actuelles d'utilisation mais comme il a été dit dans la discussion cette différence provient de deux phénomènes qui peuvent être traités séparément:

- 1 - Baisse du rendement volumétrique avec le gaz naturel;
correctif à appliquer: injection directe du gaz naturel dans le cylindre.
- 2 - Vitesse de flamme plus lente pour le gaz naturel;
correctif à appliquer: ajout d'un additif au gaz naturel.

La première correction n'est applicable que pour un véhicule dédié au gaz naturel, on pourrait alors augmenter le taux de compression jusqu'à une valeur de 12/1 ou 13/1, ce qui permettrait de mieux utiliser le potentiel énergétique de ce combustible. La deuxième correction est facile à réaliser sur n'importe quel véhicule utilisant alternativement l'essence et le gaz naturel, car l'addition d'une fraction d'essence permettrait sans doute d'augmenter la vitesse de flamme dans le mélange air-gaz naturel. C'est une hypothèse très intéressante que nous nous proposons d'étudier.

Cette étude a aussi démontré la différence de rendement et de puissance obtenue avec du gaz naturel entre le fonctionnement à λ optimal et à λ stœchiométrique. Si l'on recherche le rendement thermique optimal au frein, il est nécessaire de se rapprocher de la valeur $\lambda = 1.0$ mais si l'on recherche le maximum de puissance le mélange doit être enrichi. Il faut remarquer que les écarts de comportement entre ces deux mélanges sont relativement faibles, un véhicule opérant avec un mélange stœchiométrique privilégierait donc le rendement sans trop être pénalisé sur la puissance.

ANNEXE A

ÉQUATIONS UTILISÉES DANS LES CALCULS

Les données brutes recueillies au laboratoire sont en système d'unités anglais, les programmes informatiques les traitent dans ce même système à l'aide des équations qui apparaissent dans les pages suivantes, mais les résultats sont produits dans le système international d'unités à l'aide des coefficients de conversion que voici:

. Pression barométrique

$$2.54 \text{ cm Hg} = 1.0 \text{ po Hg}$$

. Température

$$T (^{\circ}\text{C}) = (T (^{\circ}\text{F}) - 32) / 1.8$$

. Densité absolue

$$1.0 \text{ kg/m}^3 = 16.02 \text{ lb/pi}^3$$

. Pouvoir calorifique inférieur

$$1.0 \text{ kJ/kg} = 2.326 \text{ BTU/lb}$$

. Débit volumétrique

$$1.0 \text{ litre/sec} = 0.4719 \text{ pi}^3/\text{min}$$

. Débit massique

$$1.0 \text{ gr/sec} = 7.55987 \text{ lb/min}$$

. Couple

$$1.0 \text{ N-m} = 1.3558 \text{ lb} \cdot \text{pi}$$

. Puissance

$$1.0 \text{ KWatt} = 0.7457 \text{ HP}$$

. Consommation spécifique de combustible

$$1.0 \text{ g/KWH} = 338.02 \text{ lb/BHP} \cdot \text{hr}$$

1. Calcul de la densité réelle de l'air ambiant

La procédure utilisée est celle de: "Air Moving and Conditioning Association Inc. (AMCA)".

Détermination de P_{POB} à l'aide de polynôme pour
 $30^{\circ}\text{F} < T_{WB} < 115^{\circ}\text{F}$

$$\begin{aligned} P_{POB} = & 0.0776926279 - 0.00107504055 * (T_{WB}) \\ & + 0.000153688481 * (T_{WB})^2 - 0.00000115251623 * (T_{WB})^3 \\ & + 0.000000015806414 * (T_{WB})^4 \end{aligned}$$

$$P_{PO} = P_{POB} - \frac{BP * (T_{DB} - T_{WB})}{2700.0}$$

$$\delta_{AA} = \frac{BP - 0.378 * P_{PO}}{0.754 * (T_{DB} + 459.7)}$$

2. Calcul de la densité de l'air au point 3

$$\delta_{AS} = \delta_{AA} * \frac{(T_{DB} + 459.7)}{(T_3 + 459.7)}$$

Seule la correction de température est appliquée.

3. Calcul du débit volumétrique d'air

Mesuré par le débitmètre Alcock et manomètre Alcock

$$CT = 1.058259 - 0.00304042059 * (T_m) \\ + 0.00000896280829 * (T_m)^2 - 0.000000011360349 * (T_m)^3$$

Les températures T_m doivent être données en ($^{\circ}\text{C}$).

$$CW = 0.294 * \frac{DMAND1}{0.82}$$

DMAND1: densité relative du liquide du manomètre

0.294 : facteur de conversion tenant compte de l'inclinaison du manomètre (position #3)

$$CM = CV * CW * CT$$

$$CV = 2.90$$

$$V_{AS} = CM * H_{12}$$

4. Calcul du débit volumétrique d'air standard

$$V_{AS,1} = V_{AS} * \frac{(T_{DSS} + 459.7^{\circ})}{(T_m + 459.7^{\circ})}$$

5. Calcul du débit massique d'air

$$Q_{air} = V_{air} * \delta_{air}$$

6. Calcul du débit volumétrique de gaz naturel

Mesuré à l'aide du Laminar Flow Element et d'un manomètre en U (10 po H₂O).

$$V_{G10} = V_{LEF} * \frac{191.87 * (T_{10} + 163.17)}{9.879 * (T_{10})^{1.5}}$$

T₁₀ doit être donné en (°K).

V_{LEF}: débit volumétrique obtenu sur l'abaque d'étalonnage du Laminar Flow Element à partir de la valeur de H₁₀

H₁₀: lecture au manomètre entre les points 8 et 9

7. Débit massique du gaz naturel

$$\delta_{G10} = S_G * \delta_{air} * \frac{(60^\circ + 459.7^\circ)}{(T_{10} + 459.7^\circ)}$$

S_G: densité relative du gaz naturel

voir item #16 pour les propriétés physiques du gaz naturel

$$Q_G = V_{G10} * \delta_{G10}$$

8. Calcul du débit volumétrique d'essence

$$V_F = \frac{V_{OF}}{28316.0 * t}$$

t: temps pour consommer le volume de combustible V_{OF}
(donné en minute)

V_{OF} : volume de combustible consommé durant le temps t
(donné en millilitre)

9. Calcul du débit massique d'essence

$$Q_F = 62.4 * S_F * V_F$$

10. Calcul du débit volumétrique de déplacement du piston

$$V_{DP} = \frac{\pi * (D_p/2)^2 * C_p * RPM}{2}$$

11. Calcul des rendements volumétriques réel et standard

$$\eta = \frac{V_{AF}}{V_{DP}} * 100\%$$

$$\eta_{st} = \frac{V_{AFst}}{V_{DP}} * 100\%$$

12. Calcul du couple développé par le moteur

$$M = W_D * L_R$$

13. Calcul de la puissance développée par le moteur

$$BHP = \frac{W_D * L_R * 2\pi * RPM}{33\ 000}$$

14. Calcul de la consommation spécifique

$$SFC = \frac{Q_{GN} * 60}{BHP} \quad \text{ou} \quad SFC = \frac{Q_L * 60}{BHP}$$

15. Calcul du rendement thermique au frein

$$\eta_R = \frac{BHP * 33\ 000}{Q_{GN} * LCV * 778} * 100\% \quad \text{ou} \quad \eta_R = \frac{BHP * 33000}{Q_L * LCV * 778}$$

16. Calcul du rapport massique A/F

$$ASF = \frac{Q_{AL}}{Q_{GN}}$$

17. Calcul du paramètre

$$\lambda = \frac{ASF_M}{ASF_{MS}}$$

Le rapport ASFMS est déterminé à l'item #18.H qui traite des propriétés physiques du gaz naturel.

18. Propriétés physiques du gaz naturel

(voir annexe D: programme GNPPOP)

18.A Propriétés physiques des éléments

NOM	FORMULE	WM	VI	ZL
méthane	CH ₄	16.04303	102.6	21495.0
éthane	C ₂ H ₆	30.07012	84.8	20418.0
propane	C ₃ H ₈	44.09721	75.0	19937.0
butane	C ₄ H ₁₀	58.12430	68.0	19678.0
pentane	C ₅ H ₁₂	72.15139	63.0	19507.0
azote	N ₂	28.01340	166.0	----
gaz carbonique	CO ₂	44.00995	139.0	----
air	----	28.96440		

WM: poids moléculaire (lbm/lbmole)

ZL: pouvoir calorifique inférieur, sec (BTU/lbm)

VI: viscosité dynamique (micropoise) à 32°F, 14.7 psia

NOTES: Le poids moléculaire des éléments (WM) est basé sur le poids atomique du carbone 12 (12.0000) et tiré de la publication "Fuel Gas Energy Metering Transmission Measurement Committee Report No 5", 1981 de l'American Gas Association.

La composition du gaz naturel (Fraction Molaire, FV) provient de l'analyse chromatographique faite par Trans-Canada Pipelines le 26 octobre 1984.

18.B Poids moléculaire du gaz naturel

$$ZM = FV * WM$$

ZM: masse d'un constituant par lbmol (lbm/lbmol)

FV: fraction molaire d'un constituant du gaz naturel (entre 0.0 et 1.0)

WM: poids moléculaire d'un constituant du gaz naturel (lbm/lbmol)

$$WMGN = \sum WM$$

WMGN: poids moléculaire total du gaz naturel (lbm/lbmol)

18.C Constante des gaz pour le gaz naturel

$$RGN = RU/WMGN$$

RU : constante universelle des gaz = $1545.3 \frac{\text{lb}_f - \text{pi}}{\text{lbmol} - ^\circ\text{R}}$

RGN: constante des gaz pour le gaz naturel (lb_f - pi/lbm - °R)

18.D Densité absolue et relative du gaz naturel

$$DAGN = \frac{PS}{TS * RGN}$$

DAGN: densité absolue du gaz naturel (lbm/pi³)

on néglige le facteur Z (PV = ZRT) car, pour le méthane, on a Z = 0.998 à 60°F et 762 mm Hg

PS : pression standard = 30 po Hg = 2121.98 lb./pi²

TS : température standard = 60°F = 520°R

$$DRGN = DAGN/DAAIRS$$

DRGN : densité relative du gaz naturel à 60°F et 30 po Hg

DAAIRS: densité absolue de l'air sec à 60°F et 30 po Hg =
0.076487 lbm/pi³

18.E Viscosité dynamique du gaz naturel

$$VIGNO = \frac{\sum [FV * VI * (WM)^{0.5}]}{\sum [FV * (WM)^{0.5}]}$$

VIGNO: viscosité dynamique totale du gaz naturel à 32°F
(micropoises)

VI : viscosité dynamique d'un constituant du gaz naturel
à 32°F et 14.7 psia

18.F Pouvoir calorifique inférieur du gaz naturel

$$FM = \frac{ZM}{WNGN}$$

FM: fraction massique d'un constituant du gaz naturel
(entre 0.0 et 1.0)

$$WL = FM * ZL$$

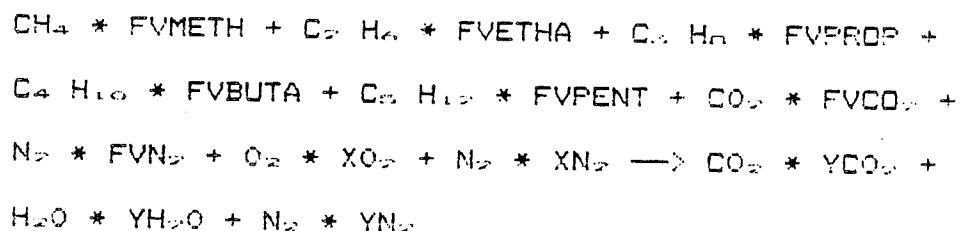
WL: pouvoir calorifique inférieur d'un constituant par lbm
de gaz naturel (BTU/lbm de gaz)

$$ZLCV = \sum [WL]$$

ZLCV: pouvoir calorifique inférieur total du gaz naturel
sec (BTU/lbm)

19.6 Balance de l'équation de combustion

Pour un mélange stoechiométrique



$$\begin{aligned} YCO_2 = &FVMETH * 1.0 + FVETHA * 2.0 + FVPROP * 3.0 + \\ &FVBUTA * 4.0 + FVPENT * 5.0 + FVCO_2 * 1.0 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} YH_2O = &(FVMETH * 4.0 + FVETHA * 6.0 + FVPROP * 8.0 + \\ &FVBUTA * 10.0 + FVPENT * 12.0) / 2.0 \end{aligned}$$

$$XO2 = (YCO2 * 2.0 + YH2O * 1.0 - FVCO2 * 2.0) / 2.0$$

$$XN2 = XO2 * 3.773$$

$$YN2 = XN2 + FVN2$$

YCO2: nombre de mols de CO₂ dans les gaz brûlés pour 1.0 mol de GN

YH2O: nombre de mols de H₂O dans les gaz brûlés pour 1.0 mol de GN

XO2 : nombre de mols de O₂ fournies à la combustion pour les conditions stoéchiométriques

XN2 : nombre de mols de N₂ contenues dans l'air nécessaire pour une combustion stoéchiométrique

YN2 : nombre de mols de N₂ contenues dans les gaz brûlés

18.H Rapport (A/F) stoéchiométrique

$$ASFMS = \frac{(XO2 + XN2) * WMAIR}{FVMETH * WMMETH + FVETHA * WMETHA + FVPROP * WMPROP + FVBUTA * WMBUTA + FVPENT * WMPENT + FVN2 * WMN2 + FVCO2 * WMC02}$$

ASFMS: rapport air/combustible (massique) pour obtenir une combustion stoéchiométrique

ANNEXE B

TABLEAUX DES RÉSULTATS

A - MOTEUR RICARDO FONCTIONNANT A L'ESSENCE

Taux de compression	Essai fait le
7 /1	18-04-85
8.6/1	11-04-85
10 /1	18-04-85

B - MOTEUR RICARDO FONCTIONNANT AU GAZ NATUREL $\lambda = 1.0$

Taux de compression	Essai fait le
8.6/1	12-11-84 et 05-11-84
10 /1	12-11-84 et 13-11-84
12 /1	22-05-85
14 /1	15-11-84 et 13-11-84
16 /1	16-11-84

C - MOTEUR RICARDO FONCTIONNANT AU GAZ NATUREL λ OPTIMAL

Taux de compression	Essai fait le
7 /1	19-04-85
8.6/1	24-04-85
10 /1	24-04-85
12 /1	22-05-85
14 /1	25-04-85
16 /1	30-04-85

RESULTATS EXPERIMENTAUX OBTENUS SUR LE MOTEUR RICARDO
FONCTIONNANT A L'ESSENCE
SYSTEME D'UNITE POUR LES RESULTATS : INTERNATIONAL

DATE = 11 4 85

FB (CM HG) = 75.26 TDBC (C) = 22.2 TWBC (C) = 13.9 DAIRR (KG/M3) = 1.17942

RPRES = 8.6 DRFUEL = .730 ZLCV (KJ/KGR) = 43966.0

RPM	PAPIL	ALLUM	DP35	DP4A	VAS3	QA3	QFUEL	RVSTD	COUPLE	BHP	SFC	RTHB	ASFM	ZLAMDA
1000.	4.00	9.00	2.46	3.30	3.52	4.025	.322	83.19	33.86	3.55	181.5	25.07	12.51	.83
1000.	6.00	9.00	2.54	3.30	3.48	3.980	.332	82.26	34.37	3.60	184.7	24.64	11.98	.80
1000.	8.00	10.00	2.67	3.30	3.52	4.032	.334	83.34	34.57	3.62	184.6	24.65	12.07	.80
1000.	10.00	10.00	2.79	3.30	3.58	4.094	.334	84.63	34.57	3.62	184.6	24.65	12.25	.82

RPM	PAPIL	ALLUM	DP35	DP4A	VAS3	QA3	QFUEL	RVSTD	COUPLE	BHP	SFC	RTHB	ASFM	ZLAMDA
1500.	4.00	17.00	4.57	4.83	5.01	5.738	.471	78.99	32.13	5.05	186.8	24.36	12.17	.81
1500.	6.00	17.00	5.33	5.08	5.26	6.028	.486	82.96	34.47	5.41	179.7	25.32	12.39	.83
1500.	8.00	17.00	5.46	5.21	5.31	6.090	.490	83.81	34.68	5.48	179.1	25.42	12.42	.83
1500.	10.00	17.00	5.33	5.08	5.32	6.093	.490	83.86	34.78	5.46	179.6	25.34	12.43	.83

RPM	PAPIL	ALLUM	DP35	DP4A	VAS3	QA3	QFUEL	RVSTD	COUPLE	BHP	SFC	RTHB	ASFM	ZLAMDA
2000.	4.00	25.00	6.10	6.48	6.05	6.940	.574	71.60	27.45	5.75	199.6	22.80	12.10	.81
2000.	6.00	25.00	8.00	7.37	6.75	7.747	.627	79.88	32.34	6.77	185.2	24.58	12.36	.82
2000.	8.00	25.00	8.38	7.49	6.94	7.958	.640	82.05	33.25	6.96	183.9	24.75	12.43	.83
2000.	10.00	25.00	8.51	7.62	7.01	8.043	.640	82.92	33.25	6.96	183.9	24.75	12.57	.84

RPM	PAPIL	ALLUM	DP35	DP4A	VAS3	QA3	QFUEL	RVSTD	COUPLE	BHP	SFC	RTHB	ASFM	ZLAMDA
2500.	4.00	32.00	6.48	8.38	6.84	7.845	.654	64.71	22.98	6.02	217.4	20.93	12.00	.80
2500.	6.00	32.00	9.27	10.67	7.98	9.158	.733	75.48	28.37	7.43	197.3	23.06	12.50	.83
2500.	8.00	32.00	10.16	11.30	8.31	9.538	.751	78.59	33.76	8.84	169.9	26.78	12.70	.85
2500.	10.00	32.00	10.16	11.18	8.32	9.549	.760	78.68	29.90	7.83	194.3	23.43	12.56	.84

RPM	PAPIL	ALLUM	DP35	DP4A	VAS3	QA3	QFUEL	RVSTD	COUPLE	BHP	SFC	RTHB	ASFM	ZLAMDA
3000.	4.00	38.00	7.62	10.41	7.50	8.603	.707	59.10	18.71	5.88	240.6	18.91	12.17	.81
3000.	6.00	38.00	11.05	13.72	8.82	10.138	.800	69.58	24.00	7.54	212.3	21.44	12.67	.84
3000.	8.00	38.00	12.19	14.48	9.23	10.603	.822	72.75	25.83	8.11	202.6	22.46	12.90	.86
3000.	10.00	38.00	12.45	14.73	9.33	10.721	.833	73.56	25.93	8.15	204.6	22.25	12.87	.86

Stop - Program terminated.

RESULTATS EXPERIMENTAUX OBTENUS SUR LE MOTEUR RICARDO
 FONCTIONNANT A L'ESSENCE
 SYSTEME D'UNITE POUR LES RESULTATS : INTERNATIONAL

DATE = 18 4 85

PB (CM HG) = 75.41 TDBC (C) = 21.7 TWBC (C) = 11.9 DAIR (KG/M3) = 1.18530

RPRES = 7.0 DRFUEL = .730 ZLCV (KJ/KGR) = 43966.0

RPM	PAPIL	ALLUM	DP35	DP4A	VAS3	QAS	QFUEL	RVSTD	COUPLE	BHP	SFC	RTHB	ASFM	ZLAMDA
1000.	4.00	20.00	2.51	3.30	3.36	3.844	.320	79.38	33.45	3.50	182.8	24.90	12.01	.80
1000.	6.00	20.00	2.67	3.30	3.48	3.992	.332	82.43	33.76	3.54	187.7	24.24	12.03	.80
1000.	8.00	20.00	2.79	3.30	3.51	4.021	.332	83.02	33.86	3.55	187.5	24.28	12.10	.81
1000.	10.00	20.00	2.79	3.30	3.53	4.047	.332	83.56	33.66	3.52	188.6	24.13	12.18	.81

RPM	PAPIL	ALLUM	DP35	DP4A	VAS3	QAS	QFUEL	RVSTD	COUPLE	BHP	SFC	RTHB	ASFM	ZLAMDA
1500.	4.00	25.00	4.57	4.83	4.90	5.618	.471	77.26	30.51	4.79	196.8	23.13	11.92	.79
1500.	6.00	25.00	5.33	5.08	5.19	5.952	.494	81.84	32.84	5.16	191.7	23.74	12.04	.80
1500.	8.00	25.00	5.46	5.08	5.20	5.959	.494	81.93	32.95	5.18	191.1	23.81	12.05	.80
1500.	10.00	25.00	5.46	5.08	5.20	5.963	.498	81.98	32.95	5.18	192.7	23.62	11.96	.80

RPM	PAPIL	ALLUM	DP35	DP4A	VAS3	QAS	QFUEL	RVSTD	COUPLE	BHP	SFC	RTHB	ASFM	ZLAMDA
2000.	4.00	30.00	5.97	6.35	5.86	6.726	.563	69.32	25.01	5.24	215.0	21.17	11.95	.80
2000.	6.00	30.00	7.87	7.11	6.60	7.583	.620	78.12	29.49	6.18	201.0	22.64	12.22	.81
2000.	8.00	30.00	8.26	7.24	6.76	7.757	.633	79.90	30.40	6.37	199.0	22.87	12.25	.82
2000.	10.00	30.00	8.38	7.37	6.80	7.813	.640	80.48	30.71	6.43	199.1	22.86	12.21	.81

RPM	PAPIL	ALLUM	DP35	DP4A	VAS3	QAS	QFUEL	RVSTD	COUPLE	BHP	SFC	RTHB	ASFM	ZLAMDA
2500.	4.00	35.00	6.35	8.26	6.69	7.678	.668	63.27	20.85	5.46	244.9	18.58	11.49	.77
2500.	6.00	35.00	9.14	10.54	7.78	8.946	.751	73.66	25.83	6.76	222.1	20.49	11.92	.79
2500.	8.00	35.00	10.03	11.05	8.12	9.335	.770	76.84	27.35	7.16	215.0	21.17	12.13	.81
2500.	10.00	35.00	10.16	11.18	8.19	9.416	.780	77.51	27.76	7.27	214.6	21.21	12.08	.81

RPM	PAPIL	ALLUM	DP35	DP4A	VAS3	QAS	QFUEL	RVSTD	COUPLE	BHP	SFC	RTHB	ASFM	ZLAMDA
3000.	4.00	40.00	7.37	10.16	7.32	8.408	.742	57.71	16.27	5.11	290.2	15.68	11.34	.76
3000.	6.00	40.00	10.92	13.72	8.69	9.987	.822	68.48	21.35	6.71	245.0	18.57	12.15	.81
3000.	8.00	40.00	11.94	14.60	9.09	10.452	.856	71.65	23.18	7.28	235.2	19.35	12.20	.81
3000.	10.00	40.00	12.19	14.73	9.17	10.551	.869	72.32	23.79	7.48	232.5	19.58	12.15	.81

DATE = 18 4 85

FB (CM HG) = 75.41 TDBC (C) = 21.7 TWBC (C) = 11.9 DAIR (KG/M3) = 1.18530

RPRES = 10.0 DRFUEL = .730 ZLCV (KJ/KGR) = 43966.0

RPM	PAPIL	ALLUM	DP35	DP4A	VAS3	QAS	QFUEL	RVSTD	COUPLE	BHP	SFC	RTHB	ASFM	ZLAMDA
1000.	4.00	5.00	2.54	3.30	3.56	4.075	.369	84.14	35.28	3.70	199.5	22.81	11.06	.74
1000.	6.00	5.00	2.67	3.30	3.58	4.096	.375	84.58	36.30	3.80	197.5	23.04	10.91	.73
1000.	8.00	5.00	2.79	3.30	3.58	4.096	.375	84.58	35.89	3.76	199.8	22.78	10.91	.73
1000.	10.00	5.00	2.79	3.30	3.55	4.070	.371	84.04	36.20	3.79	195.7	23.26	10.98	.73

RPM	PAPIL	ALLUM	DP35	DP4A	VAS3	QAS	QFUEL	RVSTD	COUPLE	BHP	SFC	RTHB	ASFM	ZLAMDA
1500.	4.00	10.00	4.70	4.95	5.07	5.812	.498	79.92	32.64	5.13	194.5	23.40	11.66	.78
1500.	6.00	10.00	5.46	5.21	5.31	6.093	.520	83.77	35.28	5.54	187.6	24.26	11.72	.78
1500.	8.00	10.00	5.59	5.21	5.35	6.136	.524	84.36	35.69	5.61	187.0	24.33	11.71	.78
1500.	10.00	10.00	5.72	5.21	5.41	6.210	.524	85.37	35.79	5.62	186.5	24.40	11.85	.79

RPM	PAPIL	ALLUM	DP35	DP4A	VAS3	QAS	QFUEL	RVSTD	COUPLE	BHP	SFC	RTHB	ASFM	ZLAMDA
2000.	4.00	15.00	6.10	6.48	6.07	6.971	.596	71.84	27.45	5.75	207.4	21.94	11.69	.78
2000.	6.00	15.00	8.00	7.37	6.80	7.813	.654	80.48	32.64	6.84	191.3	23.79	11.95	.80
2000.	8.00	15.00	8.38	7.49	6.97	8.001	.668	82.39	33.66	7.05	189.6	24.00	11.97	.80
2000.	10.00	15.00	8.51	7.49	6.97	8.010	.668	82.49	33.76	7.07	189.1	24.07	11.99	.80

RPM	PAPIL	ALLUM	DP35	DP4A	VAS3	QAS	QFUEL	RVSTD	COUPLE	BHP	SFC	RTHB	ASFM	ZLAMDA
2500.	4.00	25.00	6.60	8.51	6.90	7.921	.683	65.26	23.59	6.18	221.3	20.56	11.59	.77
2500.	6.00	25.00	9.52	10.80	8.01	9.202	.770	75.75	29.39	7.69	200.1	22.74	11.95	.80
2500.	8.00	25.00	10.29	11.43	8.32	9.568	.800	78.75	31.01	8.12	197.1	23.09	11.96	.80
2500.	10.00	25.00	10.54	11.43	8.40	9.662	.800	79.52	31.22	8.17	195.8	23.24	12.08	.81

RPM	PAPIL	ALLUM	DP35	DP4A	VAS3	QAS	QFUEL	RVSTD	COUPLE	BHP	SFC	RTHB	ASFM	ZLAMDA
3000.	4.00	30.00	7.62	10.54	7.47	8.583	.790	58.91	19.12	6.01	263.1	17.30	10.87	.72
3000.	6.00	30.00	11.30	13.97	8.84	10.167	.881	69.71	25.12	7.89	223.4	20.37	11.54	.77
3000.	8.00	30.00	12.45	14.99	9.29	10.684	.921	73.23	27.15	8.53	216.1	21.06	11.60	.77
3000.	10.00	30.00	12.70	14.99	9.37	10.783	.921	73.90	27.25	8.56	215.3	21.14	11.70	.78

Stop - Program terminated.

B)

RESULTATS EXPERIMENTAUX OBTENUS SUR LE MOTEUR RICARDO
 FONCTIONNANT AU GAZ NATUREL
 SYSTEME D'UNITE POUR LES RESULTATS : INTERNATIONAL

DATE = 12 11 84

PB (CM HG) = 74.55 TDBC (C) = 23.3 TWBC (C) = 14.4 DAIRR (KG/H3) = 1.16374

RPRES = 8.6 DRGN = .574 ZLCV (KJ/KGR) = 47944.2

RPM	PAPIL	ALLUM	DP35	DP4A	VAS3	QAS	VGN10S	QGN10	RVASTD	RVNSTD	COUPLE	BHP	SFC	RTHB	ASFM	ZLAMDA
1000.	4.00	30.00	2.26	3.94	3.20	3.660	.348	.228	75.68	83.92	25.73	2.69	169.4	24.63	16.04	.97
1000.	6.00	30.00	2.44	3.96	3.22	3.688	.349	.229	76.25	84.50	26.03	2.73	167.8	24.87	16.13	.98
1000.	8.00	30.00	2.44	4.04	3.29	3.759	.349	.229	77.71	85.97	25.93	2.72	168.4	24.78	16.44	1.00
1000.	10.00	25.00	2.44	4.01	3.25	3.723	.365	.239	76.98	85.62	26.44	2.77	172.9	24.14	15.56	.94

DATE = 5 11 84

PB (CM HG) = 74.14 TDBC (C) = 28.3 TWBC (C) = 17.2 DAIRR (KG/H3) = 1.13741

RPRES = 8.6 DRGN = .574 ZLCV (KJ/KGR) = 47944.2

RPM	PAPIL	ALLUM	DP35	DP4A	VAS3	QAS	VGN10S	QGN10	RVASTD	RVNSTD	COUPLE	BHP	SFC	RTHB	ASFM	ZLAMDA
1500.	4.00	35.00	4.22	6.10	4.57	5.234	.477	.310	72.11	79.63	23.79	3.74	166.0	25.14	16.87	1.02
1500.	6.00	30.00	4.78	6.22	4.75	5.437	.492	.320	74.90	82.66	25.83	4.06	157.7	26.46	17.00	1.03
1500.	8.00	30.00	4.88	5.97	4.81	5.504	.492	.320	75.83	83.59	25.83	4.06	157.7	26.47	17.21	1.04
1500.	10.00	35.00	4.93	6.22	4.81	5.504	.492	.320	75.83	83.59	25.73	4.04	158.3	26.36	17.21	1.04

RPM	PAPIL	ALLUM	DP35	DP4A	VAS3	QAS	VGN10S	QGN10	RVASTD	RVNSTD	COUPLE	BHP	SFC	RTHB	ASFM	ZLAMDA
2000.	4.00	45.00	5.84	7.62	5.48	6.276	.566	.367	64.81	71.50	18.61	3.90	188.5	22.15	17.09	1.03
2000.	6.00	45.00	7.87	8.38	6.03	6.905	.625	.405	71.28	78.68	22.98	4.81	168.5	24.77	17.03	1.03
2000.	8.00	40.00	8.13	8.38	6.12	7.018	.639	.415	72.44	80.00	24.00	5.03	165.0	25.29	16.93	1.02
2000.	10.00	40.00	8.13	8.38	6.20	7.108	.639	.415	73.36	80.92	24.00	5.03	165.0	25.29	17.14	1.04

RPM	PAPIL	ALLUM	DP35	DP4A	VAS3	QAS	VGN10S	QGN10	RVASTD	RVNSTD	COUPLE	BHP	SFC	RTHB	ASFM	ZLAMDA
2500.	4.00	45.00	6.86	9.65	6.29	7.210	.639	.414	59.53	65.57	15.46	4.05	204.8	20.38	17.40	1.05
2500.	6.00	40.00	9.14	11.43	7.14	8.187	.727	.471	67.56	74.44	21.96	5.75	163.8	25.47	17.38	1.05
2500.	8.00	45.00	9.65	11.81	7.35	8.435	.757	.490	69.59	76.75	23.29	6.10	160.7	25.96	17.22	1.04
2500.	10.00	45.00	9.65	11.94	7.42	8.515	.766	.496	70.24	77.49	23.59	6.18	160.6	25.98	17.17	1.04

RPM	PAPIL	ALLUM	DP35	DP4A	VAS3	QAS	VGN10S	QGN10	RVASTD	RVNSTD	COUPLE	BHP	SFC	RTHB	ASFM	ZLAMDA
-----	-------	-------	------	------	------	-----	--------	-------	--------	--------	--------	-----	-----	------	------	--------

3000.	4.00	55.00	8.13	11.94	6.85	7.850	.703	.456	53.99	59.54	12.00	3.77	242.1	17.24	17.21	1.04
3000.	6.00	50.00	10.67	15.24	8.10	9.291	.832	.538	63.84	70.40	18.20	5.72	188.2	22.18	17.27	1.05
3000.	8.00	35.00	11.68	16.00	8.47	9.720	.880	.569	66.77	73.71	19.42	6.10	186.5	22.38	17.09	1.03
3000.	10.00	50.00	11.94	16.26	8.59	9.860	.887	.573	67.73	74.72	19.42	6.10	187.8	22.22	17.21	1.04

DATE = 12 11 84

PB (CM HG) = 74.55 TDBC (C) = 23.3 TWBC (C) = 14.4 DAIRR (KG/M3) = 1.16374

RPRES = 10.0 DRGN = .574 ZLCV (KJ/KGR) = 47944.2

RPM	PAPIL	ALLUM	DP35	DP4A	VAS3	QA3	VGN10S	QGN10	RVASTD	RVMSTD	COUPLE	BHP	SFC	RTHB	ASFM	ZLANDA
1000.	4.00	30.00	2.26	3.96	3.23	3.696	.331	.217	76.41	84.25	25.83	2.70	160.4	26.01	17.04	1.03
1000.	6.00	35.00	2.39	3.96	3.23	3.691	.341	.223	76.31	84.36	28.07	2.94	151.9	27.48	16.54	1.00
1000.	8.00	25.00	2.36	3.91	3.21	3.674	.336	.220	75.97	83.93	29.18	3.06	144.2	28.93	16.67	1.01
1000.	10.00	25.00	2.41	3.96	3.21	3.674	.336	.220	75.97	83.92	28.78	3.01	146.2	28.55	16.69	1.01

RPM	PAPIL	ALLUM	DP35	DP4A	VAS3	QA3	VGN10S	QGN10	RVASTD	RVMSTD	COUPLE	BHP	SFC	RTHB	ASFM	ZLANDA
1500.	4.00	35.00	4.32	6.35	4.69	5.374	.483	.315	73.99	81.60	23.69	3.72	169.6	24.61	17.03	1.03
1500.	6.00	35.00	4.83	6.86	4.86	5.565	.499	.326	76.62	84.48	25.12	3.95	165.2	25.26	17.08	1.03
1500.	8.00	25.00	4.95	6.60	4.87	5.574	.515	.336	76.73	84.85	25.42	3.99	168.4	24.78	16.58	1.00
1500.	10.00	35.00	5.08	6.86	4.91	5.620	.515	.337	77.37	85.49	25.62	4.03	167.3	24.94	16.69	1.01

DATE = 13 11 84

PB (CM HG) = 74.73 TDBC (C) = 25.6 TWBC (C) = 14.5 DAIRR (KG/M3) = 1.15829

RPRES = 10.0 DRGN = .574 ZLCV (KJ/KGR) = 47944.2

RPM	PAPIL	ALLUM	DP35	DP4A	VAS3	QA3	VGN10S	QGN10	RVASTD	RVMSTD	COUPLE	BHP	SFC	RTHB	ASFM	ZLANDA
2000.	4.00	35.00	5.97	8.13	5.61	6.435	.575	.377	66.37	73.17	23.79	4.98	151.2	27.61	17.09	1.03
2000.	6.00	35.00	7.62	8.89	6.22	7.137	.628	.410	73.58	81.00	25.52	5.35	153.6	27.18	17.39	1.05
2000.	8.00	35.00	7.87	8.89	6.29	7.213	.639	.418	74.36	81.92	27.15	5.69	147.1	28.38	17.26	1.04
2000.	10.00	35.00	8.00	8.89	6.28	7.210	.643	.421	74.33	81.94	26.64	5.58	150.8	27.68	17.14	1.04

RPM	PAPIL	ALLUM	DP35	DP4A	VAS3	QA3	VGN10S	QGN10	RVASTD	RVMSTD	COUPLE	BHP	SFC	RTHB	ASFM	ZLANDA
2500.	4.00	40.00	6.73	10.16	6.39	7.334	.644	.421	60.48	66.57	17.79	4.66	180.7	23.10	17.43	1.06
2500.	6.00	35.00	9.07	11.18	7.34	8.427	.747	.488	69.45	76.51	23.08	6.04	161.4	25.86	17.29	1.05
2500.	8.00	40.00	9.65	11.30	7.64	8.777	.779	.508	72.32	79.69	24.30	6.36	159.8	26.12	17.27	1.05
2500.	10.00	40.00	10.03	11.56	7.74	8.890	.781	.509	73.24	80.63	24.30	6.36	160.1	26.06	17.45	1.06

RPM	PAPIL	ALLUM	DP35	DP4A	VAS3	QA3	VGN10S	QGN10	RVASTD	RVMSTD	COUPLE	BHP	SFC	RTHB	ASFM	ZLANDA
3000.	4.00	45.00	7.49	12.19	6.96	7.994	.717	.468	54.91	60.56	14.54	4.57	204.9	20.36	17.08	1.03
3000.	6.00	40.00	10.67	15.62	8.22	9.447	.835	.544	64.83	71.41	18.51	5.81	187.2	22.29	17.36	1.05
3000.	8.00	40.00	11.68	16.51	8.64	9.931	.879	.572	68.13	75.06	20.54	6.45	177.4	23.53	17.35	1.05
3000.	10.00	40.00	11.94	16.76	8.79	10.103	.885	.576	69.31	76.28	20.44	6.42	179.5	23.26	17.54	1.06

DATE = 15 11 84

PB (CM HG) = 74.85 TDBC (C) = 28.3 TWBC (C) = 13.9 DAIRR (KG/M3) = 1.15102

RPRES = 12.0 DRGN = .574 ZLCV (KJ/KGR) = 47944.2

RPM	PAPIL	ALLUM	DP35	DP4A	VAS3	QA3	VGN10S	QGN10	RVASTD	RVMSTD	COUPLE	BHP	SFC	RTHB	ASFH	ZLAMDA
1000.	4.00	35.00	2.26	3.94	3.18	3.639	.330	.217	75.13	82.92	26.64	2.79	155.5	26.84	16.78	1.02
1000.	6.00	30.00	2.39	3.94	3.21	3.683	.329	.217	76.03	83.81	28.17	2.95	146.9	28.41	17.00	1.03
1000.	8.00	30.00	2.41	3.91	3.21	3.680	.329	.216	75.97	83.75	28.17	2.95	146.7	28.44	17.01	1.03
1000.	10.00	30.00	2.41	3.91	3.21	3.676	.329	.216	75.87	83.64	28.07	2.94	147.1	28.37	17.01	1.03

RPM	PAPIL	ALLUM	DP35	DP4A	VAS3	QA3	VGN10S	QGN10	RVASTD	RVMSTD	COUPLE	BHP	SFC	RTHB	ASFH	ZLAMDA
1500.	4.00	30.00	4.44	6.35	4.64	5.327	.476	.313	73.23	80.74	28.37	4.46	140.4	29.73	17.04	1.03
1500.	6.00	25.00	4.95	6.60	4.81	5.515	.493	.324	75.80	83.58	30.61	4.81	134.7	30.98	17.03	1.03
1500.	8.00	25.00	5.08	6.60	4.81	5.518	.492	.323	75.85	83.60	31.12	4.89	132.1	31.59	17.10	1.04
1500.	10.00	30.00	5.08	6.60	4.83	5.541	.492	.323	76.16	83.91	30.81	4.84	133.4	31.29	17.17	1.04

DATE = 31 10 84

PB (CM HG) = 76.48 TDBC (C) = 23.9 TWBC (C) = 14.4 DAIRR (KG/M3) = 1.19198

RPRES = 12.0 DRGN = .574 ZLCV (KJ/KGR) = 47944.2

RPM	PAPIL	ALLUM	DP35	DP4A	VAS3	QA3	VGN10S	QGN10	RVASTD	RVMSTD	COUPLE	BHP	SFC	RTHB	ASFH	ZLAMDA
2000.	4.00	35.00	7.24	8.64	5.78	6.623	.554	.371	68.33	74.89	24.91	5.22	142.3	29.33	17.84	1.08
2000.	6.00	35.00	9.40	9.40	6.31	7.234	.630	.421	74.60	82.05	29.90	6.26	134.6	31.00	17.17	1.04
2000.	8.00	35.00	9.78	9.40	6.38	7.313	.646	.433	75.42	83.06	30.91	6.47	133.6	31.23	16.91	1.02
2000.	10.00	30.00	10.16	9.40	6.46	7.407	.645	.432	76.38	84.02	31.01	6.50	132.9	31.39	17.16	1.04

RPM	PAPIL	ALLUM	DP35	DP4A	VAS3	QA3	VGN10S	QGN10	RVASTD	RVMSTD	COUPLE	BHP	SFC	RTHB	ASFH	ZLAMDA
2500.	4.00	40.00	7.49	10.67	6.57	7.540	.649	.434	62.20	68.35	20.34	5.32	163.2	25.57	17.36	1.05
2500.	6.00	40.00	10.29	12.45	7.46	8.565	.724	.484	70.61	77.46	24.91	6.52	148.3	28.14	17.71	1.07
2500.	8.00	30.00	10.92	12.70	7.71	8.844	.771	.515	72.91	80.20	28.07	7.35	140.2	29.77	17.18	1.04
2500.	10.00	40.00	11.43	12.95	7.80	8.958	.772	.516	73.83	81.14	27.66	7.24	142.5	29.29	17.37	1.05

RPM	PAPIL	ALLUM	DP35	DP4A	VAS3	QA3	VGN10S	QGN10	RVASTD	RVMSTD	COUPLE	BHP	SFC	RTHB	ASFH	ZLAMDA
3000.	4.00	45.00	8.00	12.45	7.14	8.188	.707	.473	56.26	61.84	16.07	5.05	187.3	22.28	17.33	1.05
3000.	6.00	35.00	10.54	15.49	8.30	9.535	.867	.579	65.47	72.31	22.98	7.22	160.4	26.02	16.47	1.00
3000.	8.00	35.00	11.43	16.38	8.62	9.899	.878	.586	67.95	74.88	24.51	7.70	152.2	27.42	16.90	1.02
3000.	10.00	35.00	11.81	16.76	8.78	10.086	.893	.596	69.22	76.27	25.22	7.92	150.4	27.75	16.94	1.03

DATE = 15 11 84

PB (CM HG) = 74.85 TDBC (C) = 28.3 TWBC (C) = 13.9 DAIRR (KG/M3) = 1.15102

RPRES = 14.0 DRGN = .574 ZLCV (KJ/KGR) = 47944.2

RPM	PAPIL	ALLUM	DP35	DP4A	VAS3	QAS	VGN10S	QGN10	RVASTD	RVMSTD	COUPLE	BHP	SFC	RTHB	ASFM	ZLAMDA
1000.	4.00	30.00	2.26	3.94	3.17	3.633	.328	.216	74.99	82.74	27.66	2.90	149.0	28.02	16.84	1.02
1000.	6.00	30.00	2.34	3.94	3.20	3.668	.327	.215	75.72	83.45	28.07	2.94	146.3	28.53	17.07	1.03
1000.	8.00	30.00	2.39	3.94	3.20	3.666	.327	.215	75.68	83.41	28.17	2.95	145.8	28.63	17.06	1.03
1000.	10.00	30.00	2.39	3.91	3.20	3.669	.327	.215	75.74	83.48	28.17	2.95	146.0	28.58	17.04	1.03

RPM	PAPIL	ALLUM	DP35	DP4A	VAS3	QAS	VGN10S	QGN10	RVASTD	RVMSTD	COUPLE	BHP	SFC	RTHB	ASFM	ZLAMDA
1500.	4.00	25.00	4.44	6.35	4.64	5.322	.471	.309	73.17	80.60	28.78	4.52	136.9	30.49	17.21	1.04
1500.	6.00	25.00	4.83	6.60	4.75	5.445	.481	.316	74.84	82.43	31.12	4.89	129.2	32.31	17.25	1.04
1500.	8.00	25.00	5.08	6.60	4.75	5.453	.486	.319	74.96	82.62	32.03	5.03	126.9	32.90	17.09	1.03
1500.	10.00	25.00	5.08	6.60	4.75	5.449	.485	.319	74.90	82.56	31.83	5.00	127.5	32.73	17.10	1.04

RPM	PAPIL	ALLUM	DP35	DP4A	VAS3	QAS	VGN10S	QGN10	RVASTD	RVMSTD	COUPLE	BHP	SFC	RTHB	ASFM	ZLAMDA
2000.	4.00	35.00	6.10	8.13	5.62	6.454	.567	.371	66.49	73.20	25.01	5.24	141.6	29.47	17.40	1.05
2000.	6.00	35.00	7.49	8.89	6.16	7.075	.627	.411	72.86	80.29	28.57	5.98	137.4	30.39	17.22	1.04
2000.	8.00	30.00	7.75	8.89	6.25	7.176	.644	.422	73.90	81.52	30.00	6.28	134.4	31.06	17.01	1.03
2000.	10.00	30.00	7.62	8.64	6.31	7.245	.644	.422	74.61	82.23	30.00	6.28	134.4	31.06	17.17	1.04

RPM	PAPIL	ALLUM	DP35	DP4A	VAS3	QAS	VGN10S	QGN10	RVASTD	RVMSTD	COUPLE	BHP	SFC	RTHB	ASFM	ZLAMDA
2500.	4.00	35.00	9.27	10.16	6.44	7.403	.643	.421	60.98	67.07	20.34	5.32	158.3	26.37	17.57	1.06
2500.	6.00	30.00	8.89	12.19	7.37	8.468	.747	.489	69.71	76.78	26.03	6.82	143.4	29.10	17.33	1.05
2500.	8.00	35.00	9.52	12.45	7.61	8.750	.763	.499	72.02	79.23	26.74	7.00	142.4	29.30	17.55	1.06
2500.	10.00	35.00	9.65	12.45	7.69	8.843	.765	.500	72.78	80.01	26.84	7.03	142.3	29.34	17.69	1.07

DATE = 13 11 84

PB (CM HG) = 74.73 TD8C (C) = 25.6 TW8C (C) = 14.5 DAIRR (KG/M3) = 1.15829
 RPRES = 14.0 DRGN = .574 ZLCV (KJ/KGR) = 47944.2

RPM	PAPIL	ALLUM	DP35	DP4A	VAS3	QAS	VGN10S	QGN10	RVASTD	RVMSTD	COUPLE	BHP	SFC	RTHB	ASFM	ZLAMDA
3000.	4.00	40.00	7.49	12.45	7.03	8.065	.712	.465	55.40	61.01	15.66	4.92	189.1	22.07	17.34	1.05
3000.	6.00	40.00	10.67	15.49	8.15	9.363	.828	.540	64.25	70.79	20.85	6.55	164.9	25.31	17.35	1.05
3000.	8.00	40.00	11.68	16.26	8.52	9.793	.859	.559	67.19	73.96	22.17	6.96	160.7	25.98	17.51	1.06
3000.	10.00	35.00	11.81	16.51	8.65	9.947	.874	.569	68.24	75.13	21.66	6.80	167.3	24.95	17.48	1.06

DATE = 16 11 84

PB (CM HG) = 74.24 TD8C (C) = 26.7 TW8C (C) = 13.9 DAIRR (KG/M3) = 1.14743
 RPRES = 16.0 DRGN = .574 ZLCV (KJ/KGR) = 47944.2

RPM	PAPIL	ALLUM	DP35	DP4A	VAS3	QAS	VGN10S	QGN10	RVASTD	RVMSTD	COUPLE	BHP	SFC	RTHB	ASFM	ZLAMDA
1000.	4.00	30.00	2.16	3.96	3.09	3.536	.321	.209	73.02	80.61	27.45	2.88	145.7	28.64	16.88	1.02
1000.	6.00	30.00	2.18	3.89	3.09	3.536	.321	.209	73.02	80.61	27.45	2.88	145.7	28.64	16.88	1.02
1000.	8.00	30.00	2.24	3.91	3.09	3.536	.321	.209	73.02	80.61	27.35	2.86	146.3	28.53	16.88	1.02

RPM	PAPIL	ALLUM	DP35	DP4A	VAS3	QAS	VGN10S	QGN10	RVASTD	RVMSTD	COUPLE	BHP	SFC	RTHB	ASFM	ZLAMDA
1500.	4.00	25.00	4.32	6.60	4.57	5.236	.469	.305	72.01	79.41	27.76	4.36	140.1	29.79	17.15	1.04
1500.	6.00	25.00	4.70	6.86	4.67	5.352	.483	.315	73.59	81.21	30.30	4.76	132.2	31.56	17.01	1.03
1500.	8.00	25.00	4.57	6.86	4.69	5.377	.483	.315	73.94	81.56	30.30	4.76	132.2	31.56	17.09	1.03
1500.	10.00	25.00	7.49	6.86	4.68	5.368	.482	.314	73.81	81.42	30.00	4.71	133.3	31.30	17.09	1.03

RPM	PAPIL	ALLUM	DP35	DP4A	VAS3	QAS	VGN10S	QGN10	RVASTD	RVMSTD	COUPLE	BHP	SFC	RTHB	ASFM	ZLAMDA
2000.	4.00	35.00	7.11	8.13	5.56	6.378	.575	.374	65.73	72.53	24.30	5.09	146.8	28.42	17.07	1.03
2000.	6.00	30.00	7.37	8.89	6.10	7.007	.633	.411	72.19	79.68	28.68	6.01	137.1	30.45	17.03	1.03
2000.	8.00	25.00	7.62	8.89	6.22	7.141	.632	.410	73.57	81.04	29.08	6.09	134.8	30.96	17.40	1.05
2000.	10.00	25.00	7.75	8.89	6.21	7.133	.646	.420	73.48	81.13	29.69	6.22	135.1	30.90	16.99	1.03

RPM	PAPIL	ALLUM	DP35	DP4A	VAS3	QAS	VGN10S	QGN10	RVASTD	RVMSTD	COUPLE	BHP	SFC	RTHB	ASFM	ZLAMDA
2500.	4.00	35.00	6.60	10.41	6.41	7.366	.646	.420	60.70	66.81	20.34	5.32	157.8	26.46	17.54	1.06
2500.	6.00	35.00	8.76	12.45	7.31	8.399	.733	.476	69.16	76.10	25.12	6.58	144.7	28.85	17.66	1.07
2500.	8.00	30.00	9.40	12.45	7.51	8.634	.764	.495	71.08	78.32	26.74	7.00	141.6	29.48	17.43	1.06
2500.	10.00	35.00	9.52	12.45	7.58	8.709	.780	.506	71.71	79.08	27.66	7.24	139.7	29.88	17.23	1.04

RPM	PAPIL	ALLUM	DP35	DP4A	VAS3	QAS	VGN10S	QGN10	RVASTD	RVMSTD	COUPLE	BHP	SFC	RTHB	ASFM	ZLAMDA
3000.	4.00	35.00	7.49	11.30	6.95	7.987	.709	.460	54.83	60.42	16.47	5.18	177.8	23.47	17.37	1.05
3000.	6.00	35.00	10.41	15.49	8.16	9.387	.831	.538	64.37	70.92	20.24	6.36	169.2	24.66	17.46	1.06
3000.	8.00	40.00	11.30	16.26	8.57	9.851	.874	.566	67.54	74.43	22.37	7.03	161.0	25.92	17.42	1.05
3000.	10.00	40.00	11.56	16.76	8.84	10.171	.894	.578	69.72	76.77	22.07	6.93	166.9	25.00	17.58	1.06

Stop - Program terminated.

B>

RESULTATS EXPERIMENTAUX OBTENUS SUR LE MOTEUR RICARDO
FONCTIONNANT AU GAZ NATUREL
SYSTEME D'UNITE POUR LES RESULTATS : INTERNATIONAL

DATE = 19 4 85

PB (CM HG) = 75.18 TDBC (C) = 22.2 TWBC (C) = 13.9 DAIRR (KG/M3) = 1.17822

RPRES = 7.0 DRGN = .574 ZLCV (KJ/KGR) = 47944.2

RPM	PAPIL	ALLUM	DP35	DP4A	VAS3	QA3	VGN10S	QGN10	RVASTD	RVMSTD	COUPLE	BHP	SFC	RTHB	ASFM	ZLAMDA
1000.	4.00	35.00	2.34	4.06	3.09	3.538	.392	.259	73.16	82.42	27.05	2.83	182.9	22.82	13.67	.83
1000.	6.00	35.00	2.46	4.11	3.09	3.540	.392	.259	73.20	82.48	27.25	2.85	181.7	22.97	13.66	.83
1000.	8.00	40.00	2.51	4.06	3.10	3.542	.392	.259	73.24	82.52	26.84	2.81	184.4	22.63	13.67	.83
1000.	10.00	40.00	2.44	4.01	3.11	3.553	.393	.260	73.46	82.77	26.95	2.82	184.3	22.64	13.66	.83

RPM	PAPIL	ALLUM	DP35	DP4A	VAS3	QA3	VGN10S	QGN10	RVASTD	RVMSTD	COUPLE	BHP	SFC	RTHB	ASFM	ZLAMDA
1500.	4.00	40.00	4.44	6.10	4.45	5.097	.574	.379	70.18	79.23	25.52	4.01	188.9	22.09	13.46	.82
1500.	6.00	40.00	5.08	6.60	4.65	5.332	.574	.378	73.41	82.46	27.15	4.26	177.5	23.51	14.09	.85
1500.	8.00	40.00	5.33	6.60	4.70	5.381	.575	.379	74.09	83.15	27.45	4.31	175.9	23.73	14.19	.86
1500.	10.00	40.00	5.33	6.60	4.71	5.391	.560	.369	74.22	83.05	27.15	4.26	173.1	24.11	14.61	.88

RPM	PAPIL	ALLUM	DP35	DP4A	VAS3	QA3	VGN10S	QGN10	RVASTD	RVMSTD	COUPLE	BHP	SFC	RTHB	ASFM	ZLAMDA
2000.	4.00	45.00	6.10	8.13	5.34	6.122	.704	.464	63.19	71.52	21.56	4.51	205.6	20.29	13.19	.80
2000.	6.00	45.00	7.75	8.64	5.95	6.817	.736	.484	70.32	79.03	25.22	5.28	183.5	22.75	14.07	.85
2000.	8.00	45.00	8.13	8.89	6.11	7.009	.721	.474	72.30	80.83	25.73	5.39	176.2	23.69	14.77	.89
2000.	10.00	45.00	8.26	8.89	6.12	7.013	.721	.474	72.34	80.87	25.73	5.39	176.2	23.69	14.78	.89

RPM	PAPIL	ALLUM	DP35	DP4A	VAS3	QA3	VGN10S	QGN10	RVASTD	RVMSTD	COUPLE	BHP	SFC	RTHB	ASFM	ZLAMDA
2500.	4.00	45.00	6.73	10.16	6.11	7.005	.776	.511	57.81	65.15	17.69	4.63	220.6	18.92	13.71	.83
2500.	6.00	45.00	9.27	12.45	7.10	8.150	.850	.558	67.20	75.24	22.27	5.83	191.6	21.78	14.59	.88
2500.	8.00	45.00	10.03	12.70	7.38	8.475	.871	.572	69.87	78.11	23.59	6.18	185.2	22.54	14.82	.90
2500.	10.00	45.00	10.16	12.70	7.43	8.526	.865	.568	70.29	78.47	23.69	6.20	183.1	22.79	15.02	.91

RPM	PAPIL	ALLUM	DP35	DP4A	VAS3	QA3	VGN10S	QGN10	RVASTD	RVMSTD	COUPLE	BHP	SFC	RTHB	ASFM	ZLAMDA
3000.	4.00	50.00	7.62	12.45	6.73	7.719	.813	.535	53.06	59.47	13.63	4.28	249.9	16.70	14.43	.87
3000.	6.00	50.00	10.92	16.00	7.99	9.172	.972	.638	62.99	70.65	18.20	5.72	223.2	18.70	14.37	.87
3000.	8.00	50.00	11.94	17.02	8.38	9.621	.988	.648	66.05	73.84	19.63	6.17	210.3	19.85	14.84	.90
3000.	10.00	50.00	12.19	17.27	8.49	9.758	.990	.649	66.98	74.78	19.63	6.17	210.5	19.83	15.04	.91

Stop - Program terminated.

 RESULTATS EXPERIMENTAUX OBTENUS SUR LE MOTEUR RICARDO
 FONCTIONNANT AU GAZ NATUREL
 SYSTEME D'UNITE POUR LES RESULTATS : INTERNATIONAL

DATE = 24 4 85

PB (CM HG) = 75.41 TDBC (C) = 21.7 TWBC (C) = 13.9 DAIRR (KG/M3) = 1.18386
 RPRES = 8.6 DRGN = .574 ZLCV (KJ/KGR) = 47944.2

RPM	PAPIL	ALLUM	DP35	DP4A	VAS3	QA3	VGN10S	QGN10	RVASTD	RVMSD	COUPLE	BHP	SFC	RTHB	ASFM	ZLAMDA
1000.	4.00	30.00	2.34	3.91	3.14	3.587	.426	.282	74.18	84.26	28.98	3.03	186.2	22.41	12.70	.77
1000.	6.00	30.00	2.46	3.91	3.14	3.591	.427	.283	74.27	84.36	29.08	3.05	185.8	22.46	12.70	.77
1000.	8.00	30.00	2.49	3.94	3.16	3.615	.426	.282	74.75	84.84	29.08	3.05	185.5	22.49	12.80	.77
1000.	10.00	30.00	2.51	3.99	3.16	3.617	.427	.283	74.80	84.89	29.08	3.05	185.8	22.46	12.79	.77

RPM	PAPIL	ALLUM	DP35	DP4A	VAS3	QA3	VGN10S	QGN10	RVASTD	RVMSD	COUPLE	BHP	SFC	RTHB	ASFM	ZLAMDA
1500.	4.00	35.00	4.44	6.10	4.55	5.211	.588	.389	71.76	81.04	27.45	4.31	180.5	23.12	13.39	.81
1500.	6.00	35.00	5.08	5.84	4.75	5.446	.588	.389	74.98	84.26	29.18	4.58	169.8	24.59	14.00	.85
1500.	8.00	35.00	5.21	6.10	4.78	5.472	.589	.390	75.35	84.64	29.49	4.63	168.3	24.80	14.04	.85
1500.	10.00	35.00	5.33	6.10	4.78	5.472	.580	.383	75.35	84.50	29.29	4.60	166.8	25.02	14.27	.86

RPM	PAPIL	ALLUM	DP35	DP4A	VAS3	QA3	VGN10S	QGN10	RVASTD	RVMSD	COUPLE	BHP	SFC	RTHB	ASFM	ZLAMDA
2000.	4.00	35.00	6.22	8.13	5.48	6.280	.696	.460	64.82	73.06	23.18	4.86	189.6	22.01	13.65	.83
2000.	6.00	35.00	7.87	8.64	6.10	6.993	.765	.505	72.15	81.20	27.25	5.71	177.1	23.57	13.84	.84
2000.	8.00	35.00	8.26	8.89	6.22	7.133	.767	.506	73.59	82.66	27.86	5.84	173.5	24.06	14.10	.85
2000.	10.00	35.00	8.38	8.89	6.25	7.161	.767	.506	73.87	82.94	27.86	5.84	173.4	24.06	14.15	.86

RPM	PAPIL	ALLUM	DP35	DP4A	VAS3	QA3	VGN10S	QGN10	RVASTD	RVMSD	COUPLE	BHP	SFC	RTHB	ASFM	ZLAMDA
2500.	4.00	40.00	6.86	10.16	6.26	7.173	.759	.501	59.19	66.38	19.12	5.00	200.3	20.84	14.32	.87
2500.	6.00	40.00	9.52	12.45	7.22	8.288	.854	.563	68.35	76.43	23.79	6.23	180.7	23.09	14.73	.89
2500.	8.00	40.00	10.16	12.70	7.50	8.605	.885	.583	70.95	79.32	25.62	6.71	173.8	24.01	14.76	.89
2500.	10.00	40.00	10.29	12.70	7.57	8.690	.886	.584	71.65	80.03	25.62	6.71	174.1	23.97	14.88	.90

RPM	PAPIL	ALLUM	DP35	DP4A	VAS3	QA3	VGN10S	QGN10	RVASTD	RVMSD	COUPLE	BHP	SFC	RTHB	ASFM	ZLAMDA
3000.	4.00	45.00	7.62	12.45	6.76	7.756	.788	.520	53.32	59.53	15.05	4.73	219.9	18.98	14.92	.90
3000.	6.00	45.00	11.05	16.00	8.07	9.270	.949	.624	63.67	71.14	20.24	6.36	196.4	21.25	14.85	.90
3000.	8.00	45.00	12.06	17.02	8.44	9.695	1.003	.659	66.56	74.47	21.66	6.80	193.8	21.53	14.70	.89
3000.	10.00	45.00	12.32	17.27	8.57	9.844	.988	.650	67.58	75.38	21.86	6.87	189.2	22.05	15.15	.92

DATE = 24 4 85

PB (CM HG) = 75.41 TDBC (C) = 21.7 TWBC (C) = 13.9 DAIRR (KG/M3) = 1.18386

RPRES = 10.0 DRGN = .574 ZLCV (KJ/KGR) = 47944.2

RPM	PAPIL	ALLUM	DP35	DP4A	VAS3	QA3	VGN10S	QGN10	RVASTD	RVHSTD	COUPLE	BHP	SFC	RTHB	ASFM	ZLAMDA
1000.	4.00	28.00	2.29	3.96	3.14	3.590	.403	.267	74.24	83.77	28.17	2.95	181.1	23.05	13.45	.81
1000.	6.00	28.00	2.44	3.96	3.14	3.594	.403	.267	74.32	83.85	31.01	3.25	164.5	25.37	13.46	.81
1000.	8.00	28.00	2.49	3.99	3.14	3.594	.427	.283	74.32	84.43	31.12	3.26	173.8	24.01	12.70	.77
1000.	10.00	28.00	2.51	4.01	3.14	3.590	.432	.287	74.24	84.47	31.12	3.26	176.0	23.72	12.53	.76

RPM	PAPIL	ALLUM	DP35	DP4A	VAS3	QA3	VGN10S	QGN10	RVASTD	RVHSTD	COUPLE	BHP	SFC	RTHB	ASFM	ZLAMDA
1500.	4.00	30.00	4.44	5.18	4.52	5.171	.583	.386	71.21	80.40	28.57	4.49	172.0	24.27	13.40	.81
1500.	6.00	30.00	5.08	6.60	4.71	5.398	.586	.388	74.33	83.57	30.61	4.81	161.3	25.87	13.92	.84
1500.	8.00	30.00	5.21	6.60	4.75	5.441	.586	.387	74.92	84.15	30.61	4.81	161.1	25.90	14.05	.85
1500.	10.00	30.00	5.33	6.60	4.75	5.438	.579	.383	74.87	84.01	30.30	4.76	161.1	25.91	14.19	.86

RPM	PAPIL	ALLUM	DP35	DP4A	VAS3	QA3	VGN10S	QGN10	RVASTD	RVHSTD	COUPLE	BHP	SFC	RTHB	ASFM	ZLAMDA
2000.	4.00	35.00	6.22	8.13	5.45	6.244	.730	.483	64.45	73.09	23.59	4.94	195.4	21.36	12.94	.78
2000.	6.00	35.00	7.75	8.64	6.05	6.935	.757	.500	71.55	80.50	27.76	5.81	171.9	24.28	13.88	.84
2000.	8.00	35.00	8.13	8.64	6.19	7.097	.757	.499	73.21	82.16	28.68	6.01	166.4	25.09	14.21	.86
2000.	10.00	35.00	8.26	8.89	6.23	7.143	.757	.499	73.68	82.63	28.68	6.01	166.4	25.09	14.30	.87

RPM	PAPIL	ALLUM	DP35	DP4A	VAS3	QA3	VGN10S	QGN10	RVASTD	RVHSTD	COUPLE	BHP	SFC	RTHB	ASFM	ZLAMDA
2500.	4.00	40.00	6.86	10.16	6.26	7.178	.768	.507	59.23	66.50	19.73	5.16	196.3	21.26	14.16	.86
2500.	6.00	40.00	9.27	12.19	7.22	8.279	.847	.558	68.27	76.29	24.20	6.34	176.3	23.67	14.83	.90
2500.	8.00	40.00	10.16	12.70	7.52	8.633	.859	.566	71.17	79.30	26.03	6.82	166.0	25.14	15.26	.92
2500.	10.00	40.00	10.29	12.95	7.61	8.730	.859	.566	71.97	80.10	26.03	6.82	166.0	25.14	15.44	.93

RPM	PAPIL	ALLUM	DP35	DP4A	VAS3	QA3	VGN10S	QGN10	RVASTD	RVHSTD	COUPLE	BHP	SFC	RTHB	ASFM	ZLAMDA
3000.	4.00	40.00	7.62	12.45	6.81	7.810	.817	.539	53.69	60.13	15.56	4.89	220.6	18.92	14.49	.88
3000.	6.00	40.00	10.92	15.75	8.04	9.232	.928	.611	63.40	70.72	20.44	6.42	190.4	21.92	15.11	.91
3000.	8.00	40.00	12.06	17.02	8.46	9.712	.934	.614	66.68	74.04	21.35	6.71	183.2	22.78	15.81	.96
3000.	10.00	40.00	12.32	17.27	8.57	9.843	.934	.614	67.58	74.94	21.46	6.74	182.3	22.90	16.03	.97

Stop - Program terminated.

B>

RESULTATS EXPERIMENTAUX OBTENUS SUR LE MOTEUR RICARDO
 FONCTIONNANT AU GAZ NATUREL
 SYSTEME D'UNITE POUR LES RESULTATS : INTERNATIONAL

DATE = 25 4 85

PB (CM HG) = 74.65 TDBC (C) = 21.1 TWBC (C) = 12.8 DAIRR (KG/M3) = 1.17472
 RPRES = 12.0 DRGN = .574 ZLCV (KJ/KGR) = 47944.2

RPM	PAPIL	ALLUM	DP35	DP4A	VAS3	QA3	V6N10S	Q6N10	RVASTD	RVMSTD	COUPLE	BHP	SFC	RTHB	ASFM	ZLAMDA
1000.	4.00	30.00	2.26	3.96	3.06	3.502	.401	.263	72.37	81.85	29.08	3.05	172.7	24.17	13.32	.81
1000.	6.00	30.00	2.41	4.01	3.10	3.551	.401	.263	73.39	82.88	29.08	3.05	173.0	24.12	13.48	.82
1000.	8.00	30.00	2.46	4.01	3.12	3.576	.414	.272	73.92	83.71	29.49	3.09	176.0	23.72	13.16	.80
1000.	10.00	30.00	2.44	4.01	3.12	3.576	.415	.272	73.92	83.72	28.98	3.03	179.3	23.28	13.15	.80

RPM	PAPIL	ALLUM	DP35	DP4A	VAS3	QA3	V6N10S	Q6N10	RVASTD	RVMSTD	COUPLE	BHP	SFC	RTHB	ASFM	ZLAMDA
1500.	4.00	30.00	4.32	6.10	4.46	5.109	.575	.377	70.33	79.40	28.88	4.54	166.1	25.13	13.57	.82
1500.	6.00	30.00	4.95	6.35	4.63	5.302	.596	.390	72.98	82.38	30.40	4.78	163.5	25.52	13.58	.82
1500.	8.00	30.00	5.08	6.60	4.65	5.332	.597	.391	73.39	82.80	30.61	4.81	162.5	25.68	13.65	.83
1500.	10.00	30.00	5.08	6.60	4.66	5.339	.587	.384	73.48	82.74	30.30	4.76	161.6	25.83	13.89	.84

RPM	PAPIL	ALLUM	DP35	DP4A	VAS3	QA3	V6N10S	Q6N10	RVASTD	RVMSTD	COUPLE	BHP	SFC	RTHB	ASFM	ZLAMDA
2000.	4.00	30.00	6.10	8.13	5.41	6.200	.738	.483	63.96	72.69	25.01	5.24	184.3	22.65	12.85	.78
2000.	6.00	30.00	7.62	8.64	6.01	6.898	.762	.498	71.14	80.15	28.88	6.05	164.7	25.34	13.86	.84
2000.	8.00	30.00	8.00	8.64	6.13	7.027	.763	.499	72.45	81.48	29.59	6.20	161.0	25.92	14.09	.85
2000.	10.00	30.00	8.13	8.64	6.16	7.063	.756	.494	72.82	81.76	29.49	6.18	159.9	26.10	14.31	.87

RPM	PAPIL	ALLUM	DP35	DP4A	VAS3	QA3	V6N10S	Q6N10	RVASTD	RVMSTD	COUPLE	BHP	SFC	RTHB	ASFM	ZLAMDA
2500.	4.00	35.00	6.73	10.16	6.19	7.096	.804	.526	58.53	66.14	20.74	5.43	193.6	21.56	13.50	.82
2500.	6.00	35.00	9.27	12.19	7.15	8.207	.869	.567	67.64	75.86	25.93	6.79	167.0	24.99	14.48	.88
2500.	8.00	35.00	10.03	12.70	7.44	8.540	.862	.562	70.37	78.53	27.05	7.08	158.8	26.28	15.19	.92
2500.	10.00	35.00	10.16	12.70	7.52	8.637	.856	.558	71.17	79.27	27.05	7.08	157.7	26.47	15.48	.94

RPM	PAPIL	ALLUM	DP35	DP4A	VAS3	QA3	V6N10S	Q6N10	RVASTD	RVMSTD	COUPLE	BHP	SFC	RTHB	ASFM	ZLAMDA
3000.	4.00	40.00	7.62	12.45	6.74	7.741	.849	.554	53.18	59.88	16.47	5.18	214.2	19.48	13.97	.85
3000.	6.00	40.00	10.92	15.75	7.97	9.161	.957	.624	62.88	70.43	21.15	6.64	187.8	22.23	14.69	.89
3000.	8.00	40.00	11.81	16.76	8.34	9.579	.986	.642	65.73	73.51	22.88	7.19	178.7	23.35	14.92	.90
3000.	10.00	40.00	12.19	17.02	8.48	9.739	.989	.644	66.83	74.63	23.29	7.32	176.1	23.70	15.13	.92

DATE = 25 4 85

PB (CM HG) = 74.65 TDBC (C) = 21.1 TWBC (C) = 12.8 DAIRR (KG/M3) = 1.17472

RPRES = 14.0 DRGN = .574 ZLCV (KJ/KGR) = 47944.2

RPM	PAPIL	ALLUM	DP35	DP4A	VAS3	QA3	VGN10S	QGN10	RVASTD	RVMSTD	COUPLE	BHP	SFC	RTHB	ASFM	ZLAMDA
1000.	4.00	30.00	2.29	3.96	3.10	3.548	.421	.276	73.33	83.28	30.10	3.15	175.2	23.82	12.85	.78
1000.	6.00	30.00	2.44	3.96	3.10	3.544	.420	.276	73.24	83.18	30.40	3.18	173.2	24.10	12.86	.78
1000.	8.00	30.00	2.44	3.99	3.11	3.560	.414	.272	73.58	83.58	31.12	3.26	166.8	25.03	13.11	.79
1000.	10.00	30.00	2.39	3.96	3.09	3.535	.396	.260	73.06	82.42	29.69	3.11	167.0	24.99	13.62	.82

RPM	PAPIL	ALLUM	DP35	DP4A	VAS3	QA3	VGN10S	QGN10	RVASTD	RVMSTD	COUPLE	BHP	SFC	RTHB	ASFM	ZLAMDA
1500.	4.00	30.00	4.32	6.35	4.49	5.150	.582	.381	70.89	80.07	29.69	4.66	163.6	25.51	13.50	.82
1500.	6.00	30.00	4.95	6.60	4.66	5.335	.598	.392	73.42	82.85	31.01	4.87	160.8	25.96	13.62	.82
1500.	8.00	30.00	5.08	6.60	4.68	5.361	.619	.406	73.78	83.55	31.62	4.97	163.3	25.55	13.22	.80
1500.	10.00	30.00	4.95	6.60	4.68	5.358	.595	.389	73.74	83.12	31.12	4.89	159.4	26.18	13.76	.83

RPM	PAPIL	ALLUM	DP35	DP4A	VAS3	QA3	VGN10S	QGN10	RVASTD	RVMSTD	COUPLE	BHP	SFC	RTHB	ASFM	ZLAMDA
2000.	4.00	30.00	6.10	8.13	5.49	6.298	.702	.459	64.96	73.26	24.81	5.20	176.7	23.62	13.72	.83
2000.	6.00	30.00	7.62	8.64	6.03	6.922	.759	.496	71.38	80.35	29.29	6.13	161.7	25.82	13.97	.85
2000.	8.00	30.00	8.00	8.89	6.14	7.041	.782	.511	72.60	81.85	30.10	6.30	162.2	25.73	13.78	.83
2000.	10.00	30.00	8.00	8.89	6.16	7.064	.776	.507	72.84	82.02	30.10	6.30	161.0	25.93	13.93	.84

RPM	PAPIL	ALLUM	DP35	DP4A	VAS3	QA3	VGN10S	QGN10	RVASTD	RVMSTD	COUPLE	BHP	SFC	RTHB	ASFM	ZLAMDA
2500.	4.00	35.00	6.73	10.16	6.22	7.141	.790	.516	58.90	66.38	21.15	5.54	186.6	22.37	13.83	.84
2500.	6.00	35.00	9.27	12.19	7.18	8.240	.850	.554	67.91	75.95	25.93	6.79	163.3	25.55	14.87	.90
2500.	8.00	35.00	10.03	12.70	7.44	8.547	.867	.566	70.43	78.64	27.56	7.21	156.8	26.61	15.11	.92
2500.	10.00	35.00	10.16	12.95	7.60	8.723	.843	.549	71.88	79.85	26.84	7.03	156.4	26.69	15.88	.96

RPM	PAPIL	ALLUM	DP35	DP4A	VAS3	QA3	VGN10S	QGN10	RVASTD	RVMSTD	COUPLE	BHP	SFC	RTHB	ASFM	ZLAMDA
3000.	4.00	40.00	7.62	12.45	6.80	7.804	.796	.520	53.62	59.90	16.27	5.11	203.5	20.51	15.01	.91
3000.	6.00	40.00	10.80	15.75	8.01	9.197	.946	.616	63.12	70.58	21.56	6.77	182.0	22.93	14.93	.90
3000.	8.00	40.00	11.94	16.76	8.35	9.590	.995	.648	65.81	73.65	22.88	7.19	180.2	23.16	14.81	.90
3000.	10.00	40.00	12.06	17.02	8.47	9.739	.979	.637	66.82	74.54	23.18	7.28	174.9	23.86	15.29	.93

Stop - Program terminated.

B>

RESULTATS EXPERIMENTAUX OBTENUS SUR LE MOTEUR RICARDO
 FONCTIONNANT AU GAZ NATUREL
 SYSTEME D'UNITE POUR LES RESULTATS : INTERNATIONAL

DATE = 30 4 85

PB (CM HG) = 75.03 TDBC (C) = 23.3 TWBC (C) = 15.0 DAIRR (KG/M3) = 1.17089
 RPRES = 16.0 DRGN = .574 ZLCV (KJ/KGR) = 47944.2

RPM	PAPIL	ALLUM	DP35	DP4A	VAS3	QA3	V6N10S	Q6N10	RVASTD	RVHSTD	COUPLE	BHP	SFC	RTHB	ASFM	ZLAMDA
1000.	4.00	35.00	2.31	3.91	3.08	3.523	.513	.339	72.87	85.01	27.96	2.93	231.2	18.05	10.41	.63
1000.	6.00	35.00	2.44	3.96	3.08	3.525	.513	.339	72.91	85.06	28.07	2.94	230.6	18.10	10.41	.63
1000.	8.00	35.00	2.46	3.96	3.12	3.572	.521	.343	73.90	86.21	28.27	2.96	232.1	17.98	10.40	.63
1000.	10.00	35.00	2.46	3.96	3.13	3.575	.521	.344	73.94	86.26	28.07	2.94	233.9	17.84	10.40	.63

RPM	PAPIL	ALLUM	DP35	DP4A	VAS3	QA3	V6N10S	Q6N10	RVASTD	RVHSTD	COUPLE	BHP	SFC	RTHB	ASFM	ZLAMDA
1500.	4.00	30.00	4.32	6.10	4.51	5.167	.565	.372	71.18	80.09	30.20	4.74	156.8	26.62	13.90	.84
1500.	6.00	30.00	4.95	6.60	4.60	5.264	.588	.387	72.52	81.79	31.52	4.95	156.3	26.70	13.61	.82
1500.	8.00	32.00	5.08	6.60	4.65	5.318	.579	.381	73.25	82.39	31.73	4.98	153.0	27.27	13.95	.84
1500.	10.00	32.00	5.08	6.60	4.70	5.381	.580	.382	74.12	83.27	31.73	4.98	153.2	27.24	14.10	.85

RPM	PAPIL	ALLUM	DP35	DP4A	VAS3	QA3	V6N10S	Q6N10	RVASTD	RVHSTD	COUPLE	BHP	SFC	RTHB	ASFM	ZLAMDA
2000.	4.00	30.00	6.10	8.13	5.55	6.354	.764	.503	65.60	74.64	26.03	5.45	184.4	22.63	12.64	.77
2000.	6.00	30.00	7.62	8.64	6.46	7.409	.813	.534	76.45	86.07	30.30	6.35	168.4	24.78	13.87	.84
2000.	8.00	30.00	8.00	8.89	6.19	7.091	.802	.527	73.18	82.66	31.01	6.50	162.3	25.72	13.46	.81
2000.	10.00	30.00	8.13	8.89	6.19	7.095	.796	.523	73.22	82.64	31.01	6.50	161.1	25.91	13.57	.82

RPM	PAPIL	ALLUM	DP35	DP4A	VAS3	QA3	V6N10S	Q6N10	RVASTD	RVHSTD	COUPLE	BHP	SFC	RTHB	ASFM	ZLAMDA
2500.	4.00	30.00	6.73	10.16	6.27	7.190	.818	.538	59.35	67.10	21.56	5.64	190.6	21.90	13.37	.81
2500.	6.00	30.00	9.27	12.19	7.24	8.308	.900	.590	68.53	77.05	27.15	7.11	166.1	25.13	14.08	.85
2500.	8.00	30.00	10.03	12.70	7.51	8.620	.915	.600	71.09	79.75	28.68	7.51	159.9	26.11	14.37	.87
2500.	10.00	30.00	10.16	12.70	7.54	8.653	.974	.639	71.37	80.59	28.78	7.53	169.6	24.61	13.55	.82

RPM	PAPIL	ALLUM	DP35	DP4A	VAS3	QA3	V6N10S	Q6N10	RVASTD	RVHSTD	COUPLE	BHP	SFC	RTHB	ASFM	ZLAMDA
3000.	4.00	35.00	7.62	12.19	6.83	7.834	.838	.550	53.87	60.48	16.78	5.27	208.7	19.99	14.24	.86
3000.	6.00	35.00	10.92	15.75	8.04	9.223	.977	.640	63.36	71.07	22.27	7.00	183.0	22.81	14.41	.87
3000.	8.00	35.00	11.94	16.76	8.40	9.642	1.007	.659	66.23	74.17	23.69	7.44	177.0	23.58	14.64	.89
3000.	10.00	35.00	12.19	17.02	8.54	9.810	1.032	.675	67.37	75.50	23.90	7.51	179.8	23.21	14.54	.88

Stop - Program terminated.

RESULTATS EXPERIMENTAUX OBTENUS SUR LE MOTEUR RICARDO
 FONCTIONNANT AU GAZ NATUREL
 SYSTEME D'UNITE POUR LES RESULTATS : INTERNATIONAL

DATE = 22 5 85
 PB (CM HG) = 75.36 TDBC (C) = 21.4 TWBC (C) = 13.3 DAIRR (KG/M3) = 1.18452
 RPRES = 12.0 DRGN = .574 ZLCV (KJ/KGR) = 47944.2

RPM	PAPIL	ALLUM	DP35	DP4A	VAS3	QAS	VGN10S	QGN10	RVASTD	RVMSTD	COUPLE	BHP	SFC	RTHB	ASFM	ZLAMDA
1000.	4.00	28.00	2.31	4.09	3.16	3.616	.394	.261	74.75	84.06	30.71	3.22	162.3	25.72	13.86	.84
1000.	6.00	28.00	2.44	4.11	3.18	3.639	.388	.257	75.24	84.40	30.71	3.22	159.7	26.13	14.18	.86
1000.	8.00	28.00	2.49	4.11	3.19	3.646	.394	.261	75.37	84.70	31.12	3.26	160.3	26.03	13.96	.85
1000.	10.00	28.00	2.49	4.14	3.19	3.650	.385	.255	75.46	84.57	30.91	3.24	157.6	26.49	14.32	.87

RPM	PAPIL	ALLUM	DP35	DP4A	VAS3	QAS	VGN10S	QGN10	RVASTD	RVMSTD	COUPLE	BHP	SFC	RTHB	ASFM	ZLAMDA
1500.	4.00	30.00	4.32	6.10	4.51	5.168	.576	.381	71.16	80.24	29.29	4.60	165.6	25.20	13.57	.82
1500.	6.00	30.00	4.95	6.35	4.68	5.356	.566	.374	73.73	82.65	31.52	4.95	151.0	27.64	14.33	.87
1500.	8.00	30.00	5.08	6.60	4.71	5.396	.578	.382	74.28	83.39	31.83	5.00	152.8	27.32	14.13	.86
1500.	10.00	30.00	5.21	6.60	4.74	5.426	.585	.386	74.69	83.91	31.83	5.00	154.6	27.00	14.04	.85

RPM	PAPIL	ALLUM	DP35	DP4A	VAS3	QAS	VGN10S	QGN10	RVASTD	RVMSTD	COUPLE	BHP	SFC	RTHB	ASFM	ZLAMDA
2000.	4.00	35.00	6.10	8.13	5.47	6.274	.730	.482	64.74	73.37	25.22	5.28	182.6	22.86	13.01	.79
2000.	6.00	35.00	7.75	8.89	6.04	6.931	.721	.476	71.49	80.02	28.88	6.05	157.3	26.53	14.57	.88
2000.	8.00	35.00	8.13	8.89	6.18	7.084	.744	.491	73.06	81.86	30.00	6.28	156.2	26.72	14.44	.87
2000.	10.00	35.00	8.13	8.89	6.20	7.116	.744	.491	73.39	82.18	30.00	6.28	156.2	26.72	14.51	.88

RPM	PAPIL	ALLUM	DP35	DP4A	VAS3	QAS	VGN10S	QGN10	RVASTD	RVMSTD	COUPLE	BHP	SFC	RTHB	ASFM	ZLAMDA
2500.	4.00	40.00	6.98	10.16	6.28	7.206	.767	.506	59.45	66.71	21.15	5.54	182.9	22.82	14.24	.86
2500.	6.00	40.00	9.40	12.19	7.21	8.272	.844	.556	68.20	76.18	25.73	6.74	165.0	25.29	14.89	.90
2500.	8.00	40.00	10.03	12.70	7.46	8.565	.864	.569	70.60	78.78	26.95	7.05	161.3	25.88	15.06	.91
2500.	10.00	40.00	10.29	12.70	7.51	8.622	.866	.570	71.07	79.26	27.15	7.11	160.5	26.01	15.12	.92

RPM	PAPIL	ALLUM	DP35	DP4A	VAS3	QAS	VGN10S	QGN10	RVASTD	RVMSTD	COUPLE	BHP	SFC	RTHB	ASFM	ZLAMDA
3000.	4.00	45.00	7.62	12.19	6.80	7.804	.816	.538	53.63	60.07	17.90	5.62	191.4	21.80	14.51	.88
3000.	6.00	45.00	10.92	15.75	8.00	9.183	1.004	.660	63.06	70.97	21.35	6.71	196.9	21.20	13.91	.84
3000.	8.00	45.00	11.94	16.51	8.36	9.599	1.047	.688	65.89	74.15	22.88	7.19	191.5	21.80	13.95	.84
3000.	10.00	45.00	12.06	16.76	8.48	9.737	1.055	.694	66.84	75.16	22.98	7.22	192.2	21.72	14.04	.85

DATE = 22 5 85

PB (CM H6) = 75.36 TDBC (C) = 21.4 TWBC (C) = 13.3 DAIRR (KG/M3) = 1.18452

RPRES = 12.0 DRGN = .574 ZLCV (KJ/KGR) = 47944.2

RPM	PAPIL	ALLUM	DP35	DP4A	VAS3	QA3	VGN10S	QGN10	RVASTD	RVMSTD	COUPLE	BHP	SFC	RTHB	ASFM	ZLAMDA
1000.	4.00	28.00	2.36	4.22	3.22	3.685	.332	.220	76.17	84.02	26.64	2.79	157.7	26.46	16.75	1.01
1000.	6.00	28.00	2.49	4.22	3.24	3.710	.332	.220	76.70	84.56	27.66	2.90	151.9	27.47	16.87	1.02
1000.	8.00	28.00	2.54	4.24	3.27	3.741	.332	.220	77.33	85.18	27.86	2.92	150.8	27.67	17.01	1.03
1000.	10.00	28.00	2.67	4.27	3.28	3.750	.333	.221	77.51	85.40	27.45	2.88	153.5	27.18	16.99	1.03

RPM	PAPIL	ALLUM	DP35	DP4A	VAS3	QA3	VGN10S	QGN10	RVASTD	RVMSTD	COUPLE	BHP	SFC	RTHB	ASFM	ZLAMDA
1500.	4.00	30.00	4.44	6.10	4.61	5.282	.500	.330	72.72	80.60	27.05	4.25	155.4	26.85	16.00	.97
1500.	6.00	30.00	5.08	6.60	4.78	5.477	.507	.335	75.39	83.38	28.88	4.54	147.6	28.28	16.36	.99
1500.	8.00	30.00	5.21	6.60	4.81	5.510	.507	.335	75.85	83.84	29.18	4.58	146.0	28.58	16.47	1.00
1500.	10.00	30.00	5.21	6.60	4.84	5.544	.517	.341	76.31	84.46	29.29	4.60	148.5	28.11	16.24	.98

RPM	PAPIL	ALLUM	DP35	DP4A	VAS3	QA3	VGN10S	QGN10	RVASTD	RVMSTD	COUPLE	BHP	SFC	RTHB	ASFM	ZLAMDA
2000.	4.00	35.00	6.22	8.38	5.61	6.433	.601	.397	66.38	73.48	21.35	4.47	177.4	23.53	16.22	.98
2000.	6.00	35.00	7.87	8.89	6.20	7.116	.657	.433	73.39	81.15	26.03	5.45	158.9	26.27	16.44	1.00
2000.	8.00	35.00	8.26	9.14	6.33	7.256	.662	.437	74.83	82.67	26.74	5.60	156.0	26.75	16.61	1.01
2000.	10.00	35.00	8.38	9.14	6.38	7.316	.673	.444	75.45	83.41	27.25	5.71	155.5	26.84	16.49	1.00

RPM	PAPIL	ALLUM	DP35	DP4A	VAS3	QA3	VGN10S	QGN10	RVASTD	RVMSTD	COUPLE	BHP	SFC	RTHB	ASFM	ZLAMDA
2500.	4.00	40.00	6.98	10.41	6.43	7.372	.677	.446	60.82	67.22	18.20	4.77	187.3	22.28	16.52	1.00
2500.	6.00	40.00	9.52	12.45	7.31	8.388	.774	.510	69.15	76.47	23.69	6.20	164.3	25.40	16.46	1.00
2500.	8.00	40.00	10.16	12.95	7.57	8.689	.789	.519	71.62	79.08	24.81	6.50	159.9	26.11	16.74	1.01
2500.	10.00	40.00	10.29	12.95	7.64	8.766	.802	.527	72.25	79.84	25.01	6.55	161.1	25.91	16.62	1.01

RPM	PAPIL	ALLUM	DP35	DP4A	VAS3	QA3	VGN10S	QGN10	RVASTD	RVMSTD	COUPLE	BHP	SFC	RTHB	ASFM	ZLAMDA
3000.	4.00	45.00	7.62	12.45	6.89	7.901	.728	.479	54.29	60.03	14.24	4.47	214.4	19.46	16.48	1.00
3000.	6.00	45.00	11.18	16.26	8.20	9.414	.859	.564	64.63	71.40	17.69	5.56	203.1	20.55	16.69	1.01
3000.	8.00	45.00	12.19	17.27	8.54	9.806	.903	.593	67.30	74.42	19.63	6.17	192.3	21.70	16.54	1.00
3000.	10.00	45.00	12.57	17.65	8.69	9.986	.904	.594	68.53	75.66	19.22	6.04	196.7	21.22	16.82	1.02

DATE = 22 5 85

PB (CM H6) = 75.36 TDBC (C) = 21.4 TWBC (C) = 13.3 DAIRR (KG/M3) = 1.18452

RPRES = 8.6 DRGN = .574 ZLCV (KJ/KGR) = 47944.2

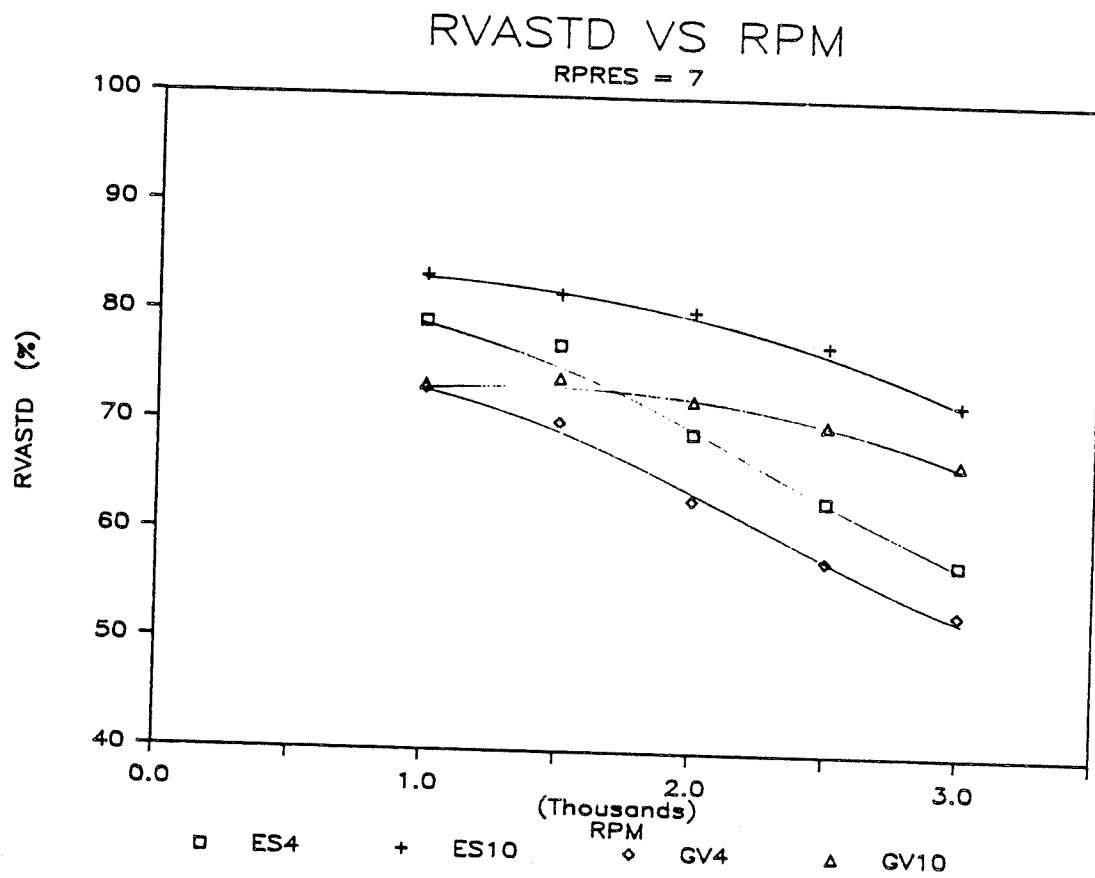
RPM	PAPIL	ALLUM	DP35	DP4A	VAS3	QA3	VGN10S	QGN10	RVASTD	RVMSTD	COUPLE	BHP	SFC	RTHB	ASFM	ZLAMDA
1000.	4.00	35.00	2.31	4.01	3.12	3.572	.401	.266	73.85	83.34	28.98	3.03	175.3	23.81	13.43	.81
1000.	6.00	35.00	2.44	4.01	3.16	3.615	.416	.276	74.72	84.56	29.59	3.10	178.0	23.44	13.11	.79
1000.	8.00	35.00	2.46	4.01	3.16	3.612	.401	.265	74.67	84.15	29.69	3.11	170.7	24.44	13.61	.82

Stop - Program terminated.

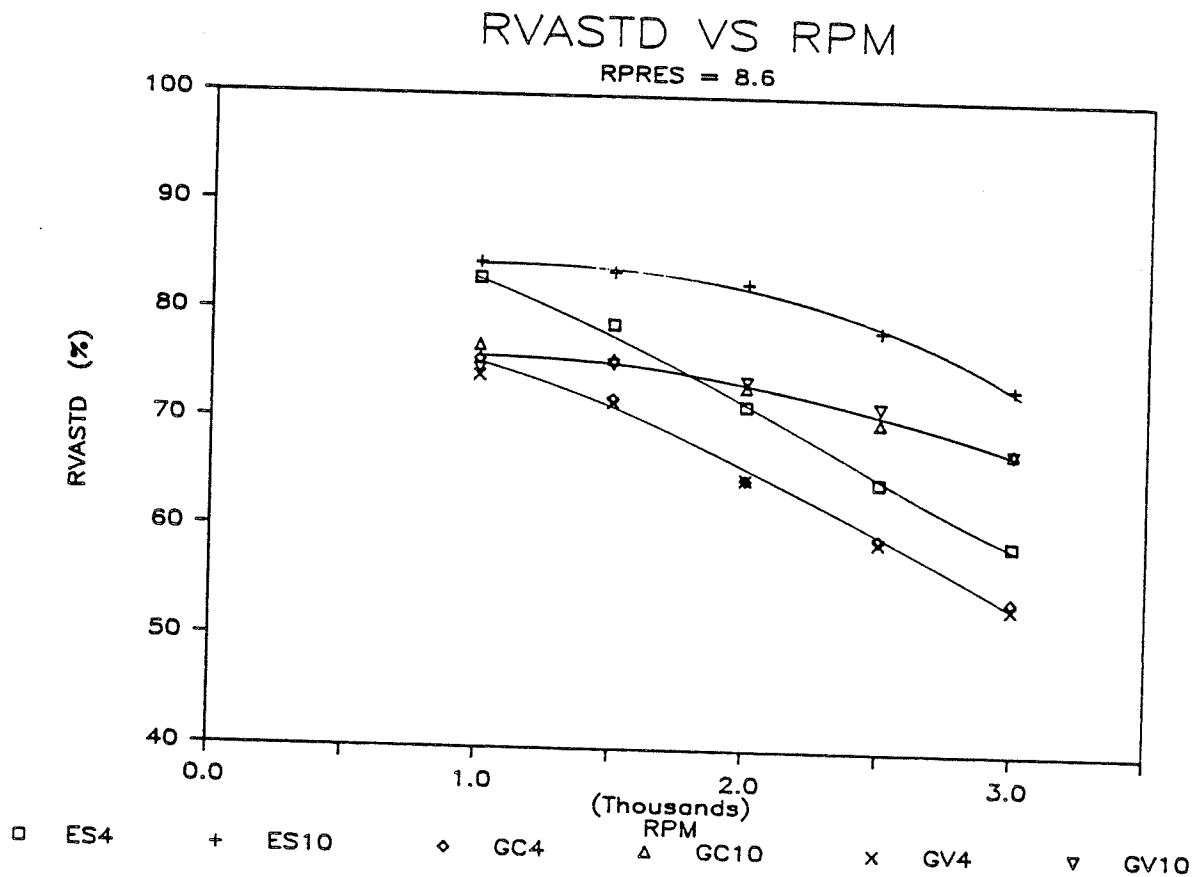
B>

ANNEXE C

GRAPHIQUES DES RÉSULTATS



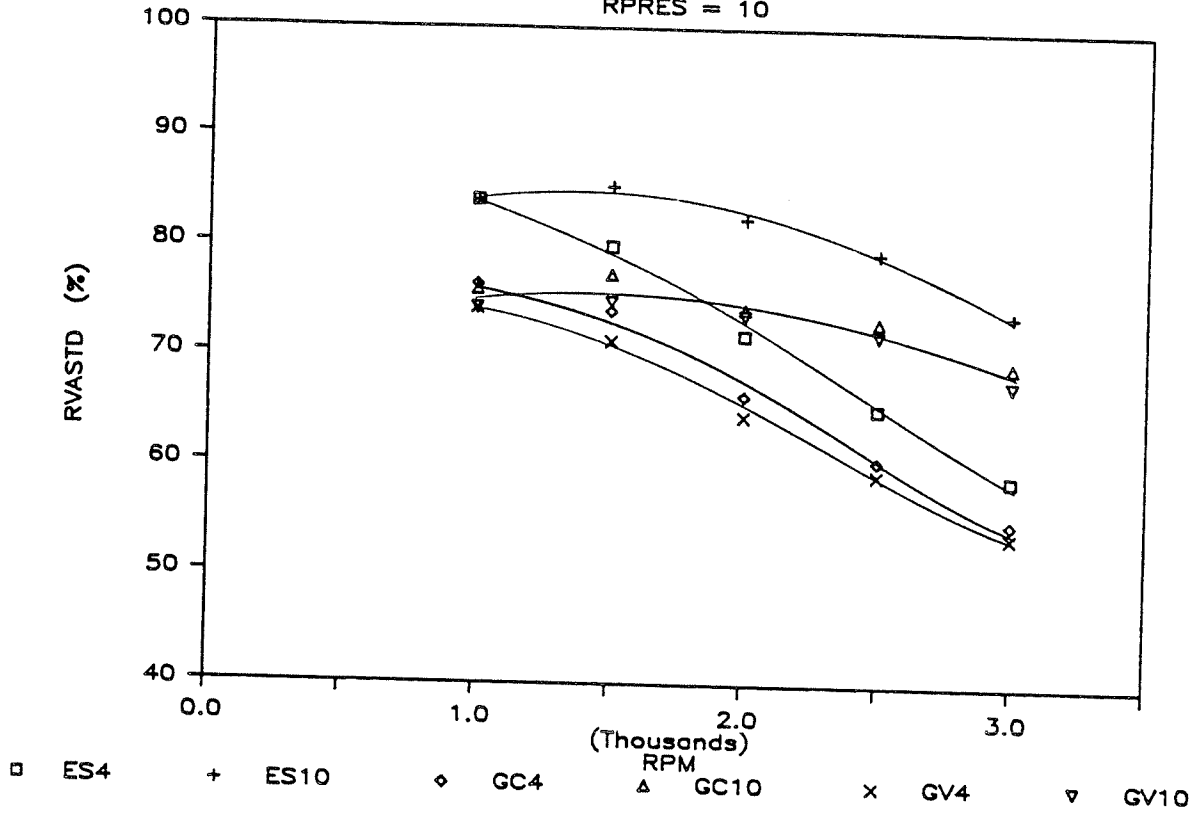
GRAPHIQUE 1



GRAPHIQUE 2

RVASTD VS RPM

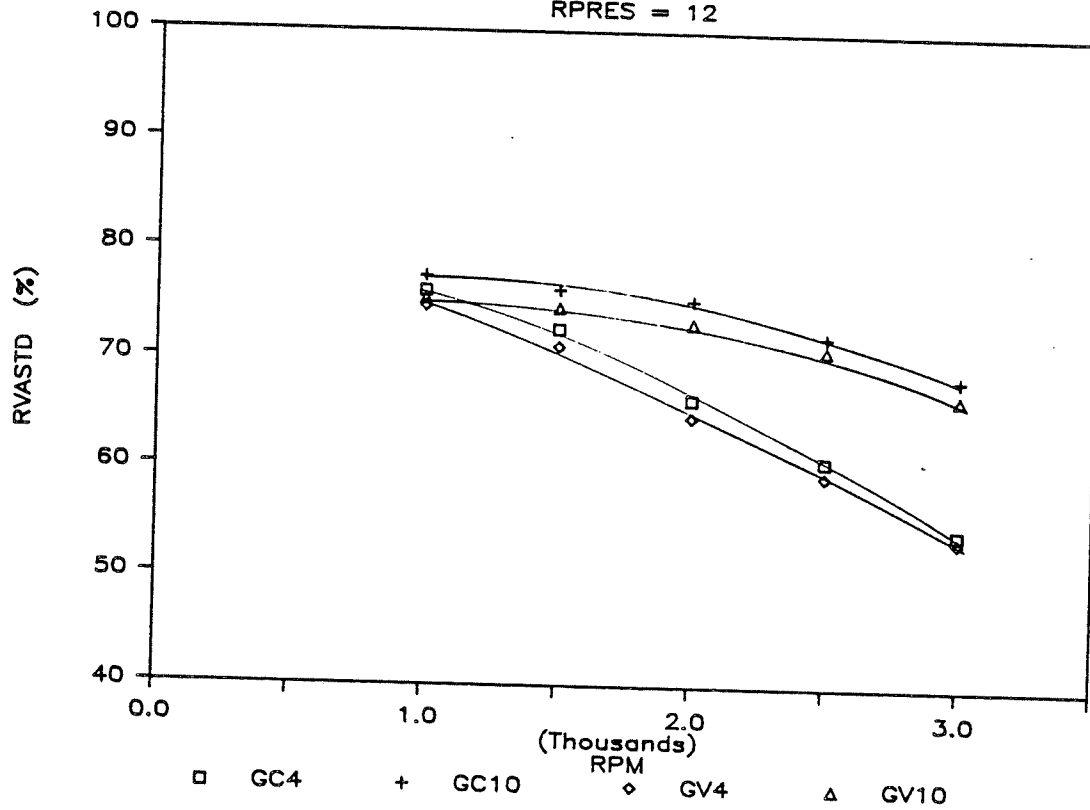
RPRES = 10



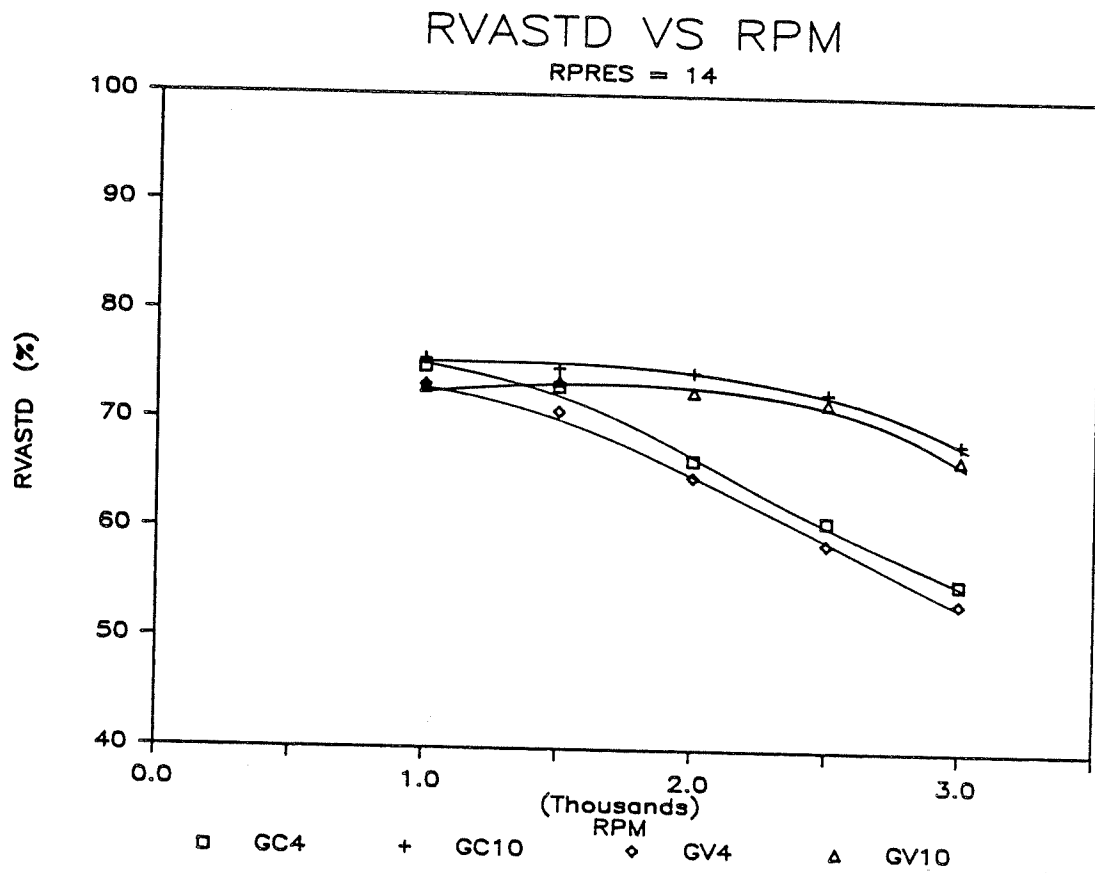
GRAPHIQUE 3

RVASTD VS RPM

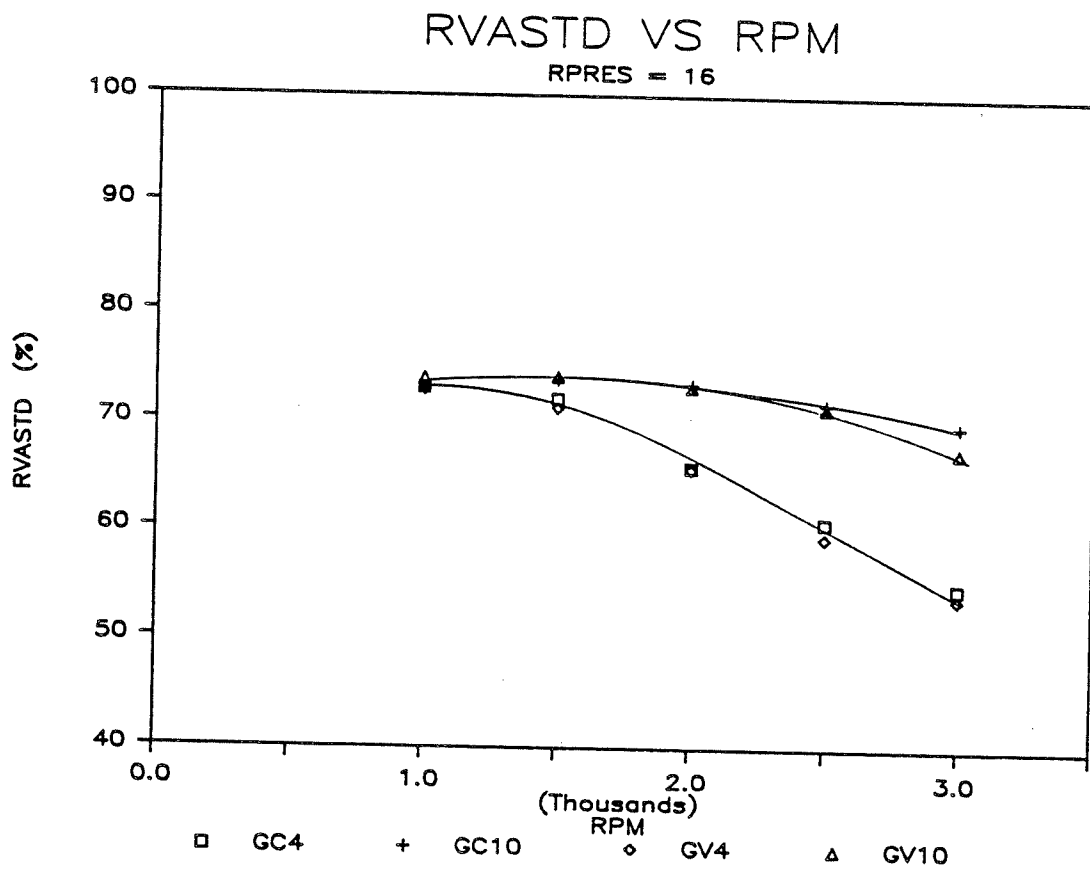
RPRES = 12



GRAPHIQUE 4



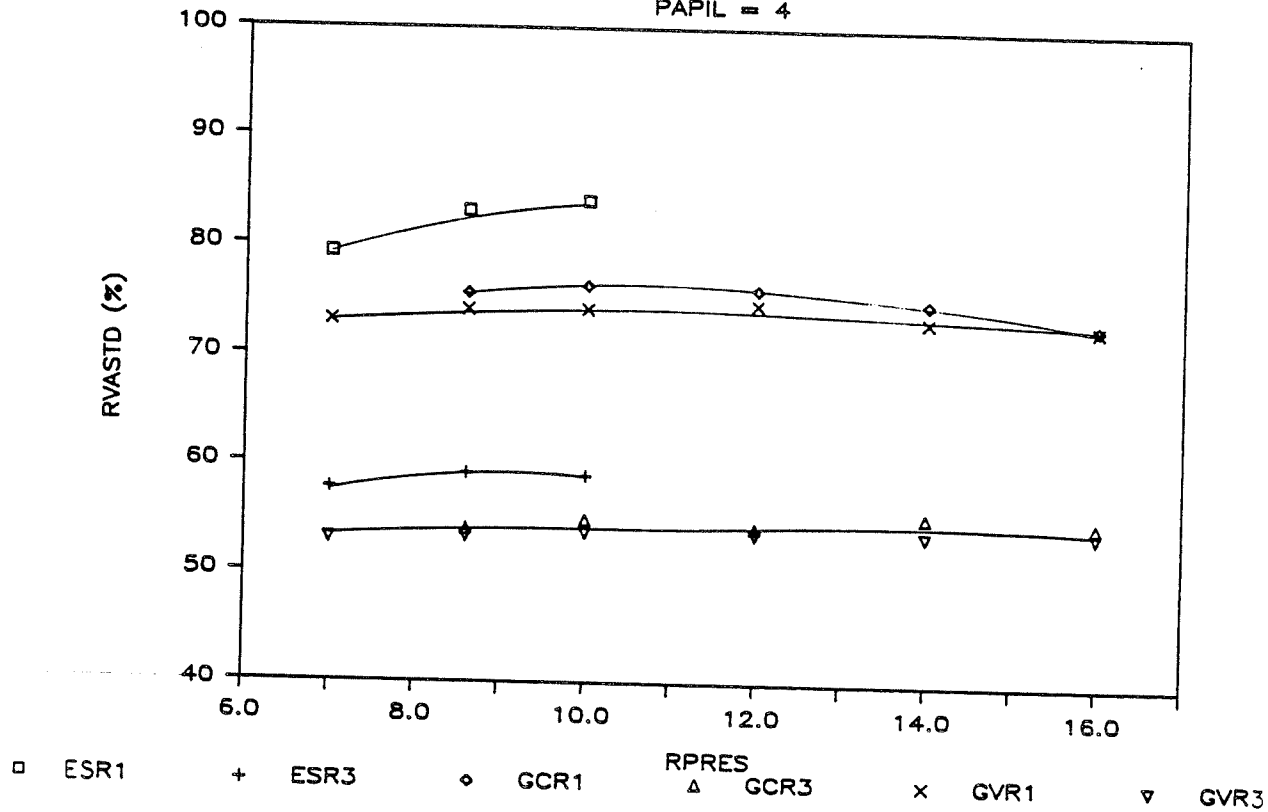
GRAPHIQUE 5



GRAPHIQUE 6

RVASTD VS RPRES

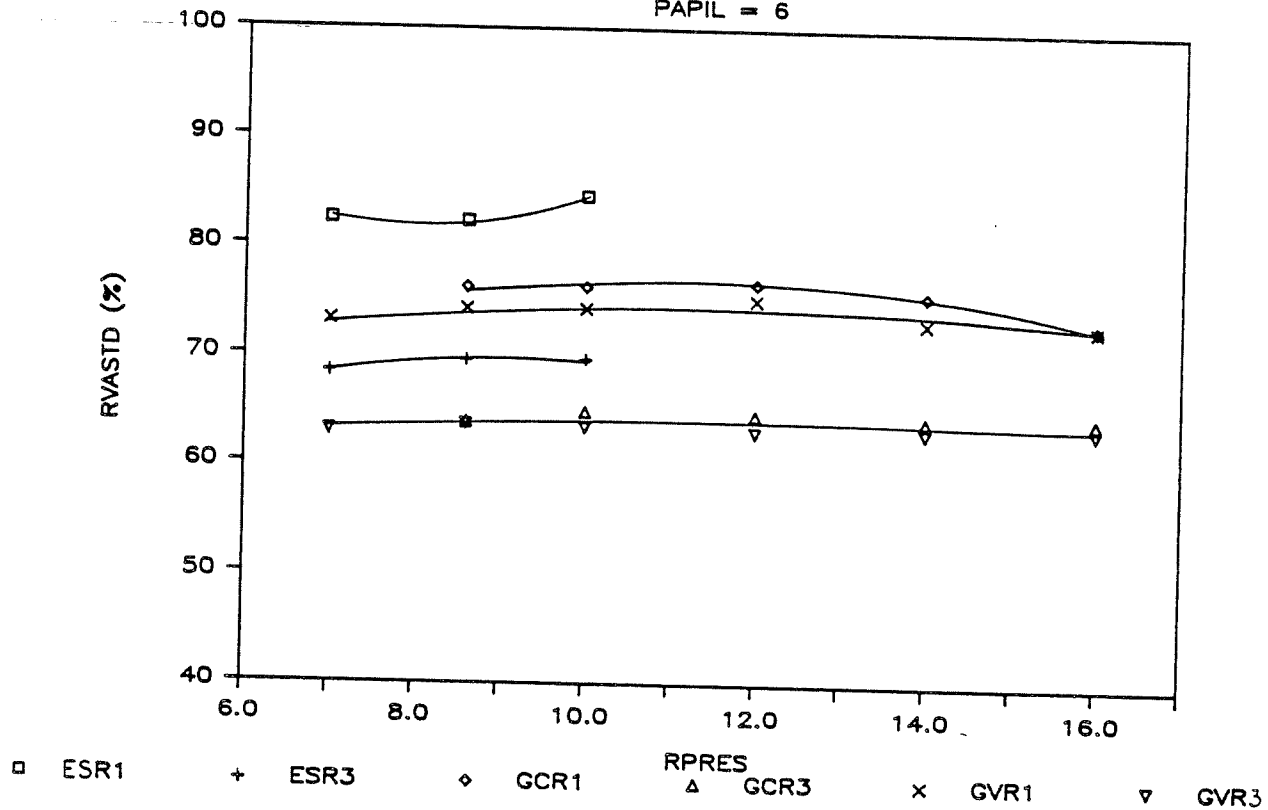
PAPIL = 4



GRAPHIQUE 7

RVASTD VS RPRES

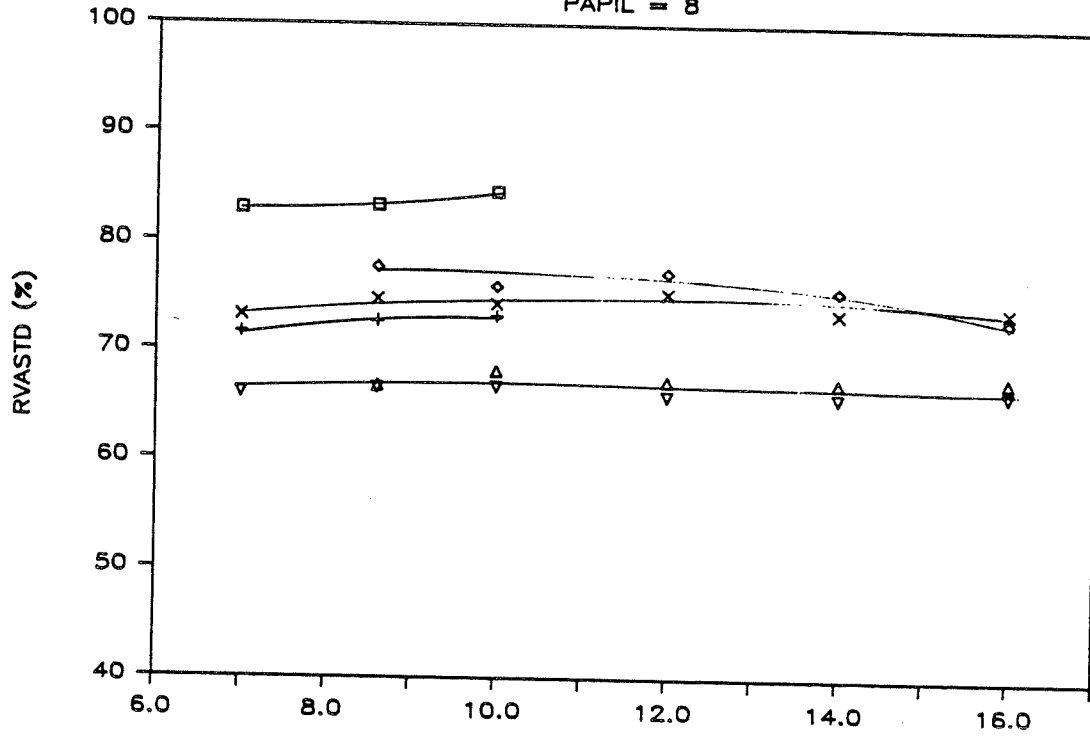
PAPIL = 6



GRAPHIQUE 8

RVASTD VS RPRES

PAPIL = 8

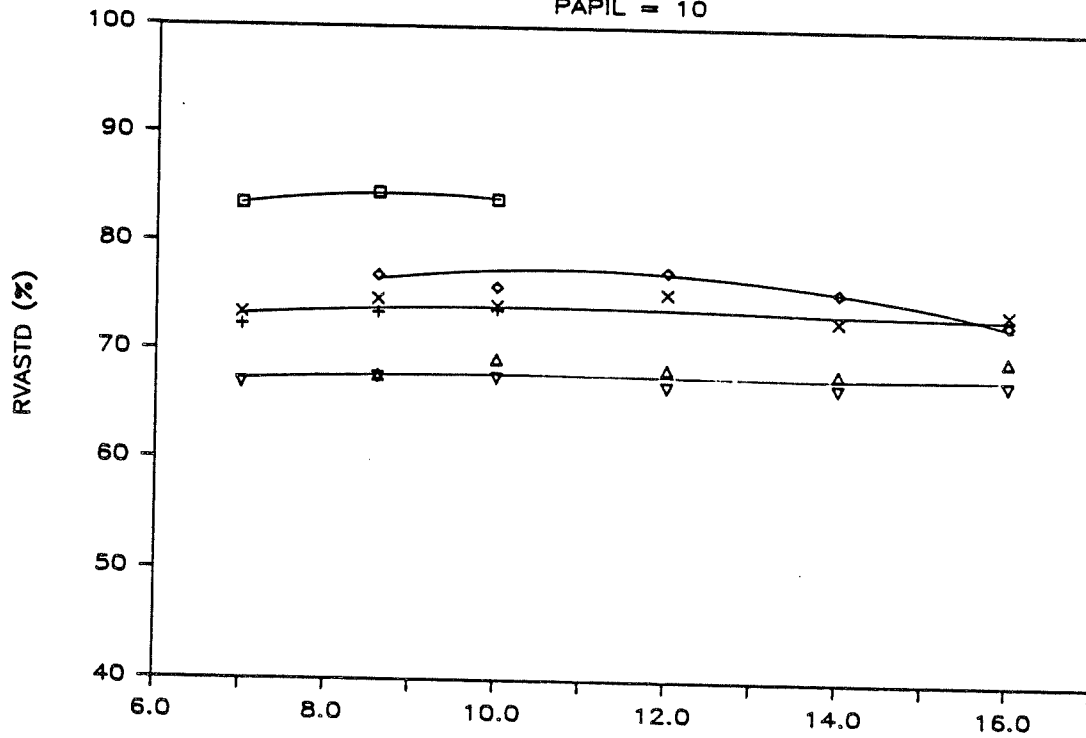


□ ESR1 + ESR3 ♦ GCR1 Δ GCR3 × GVR1 ▽ GVR3

GRAPHIQUE 9

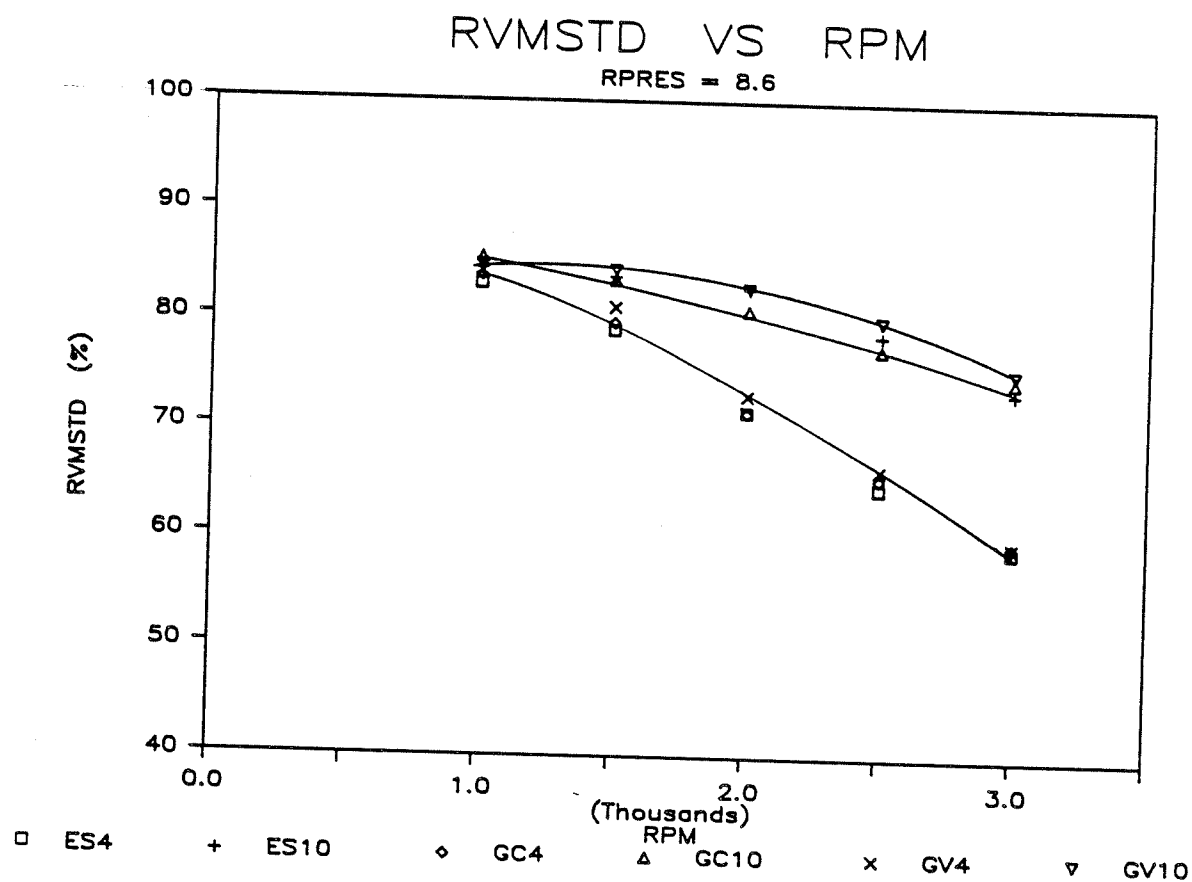
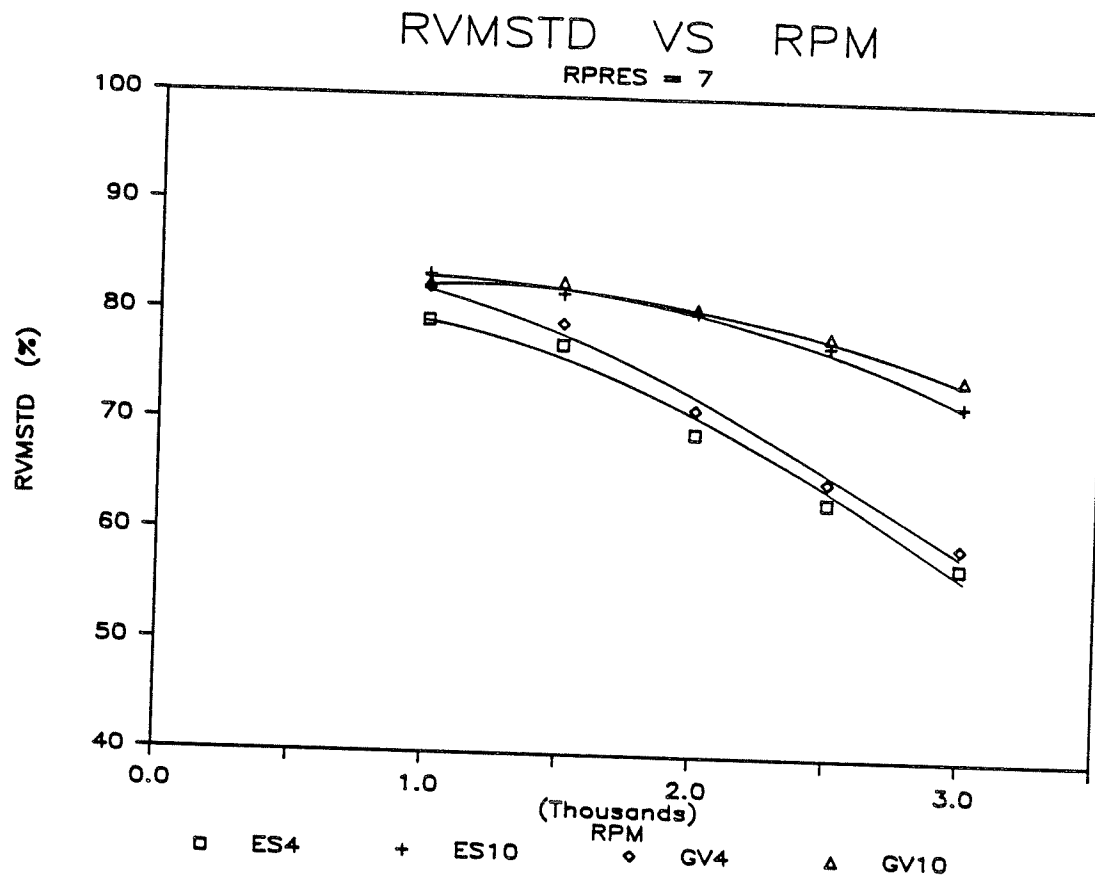
RVASTD VS RPRES

PAPIL = 10



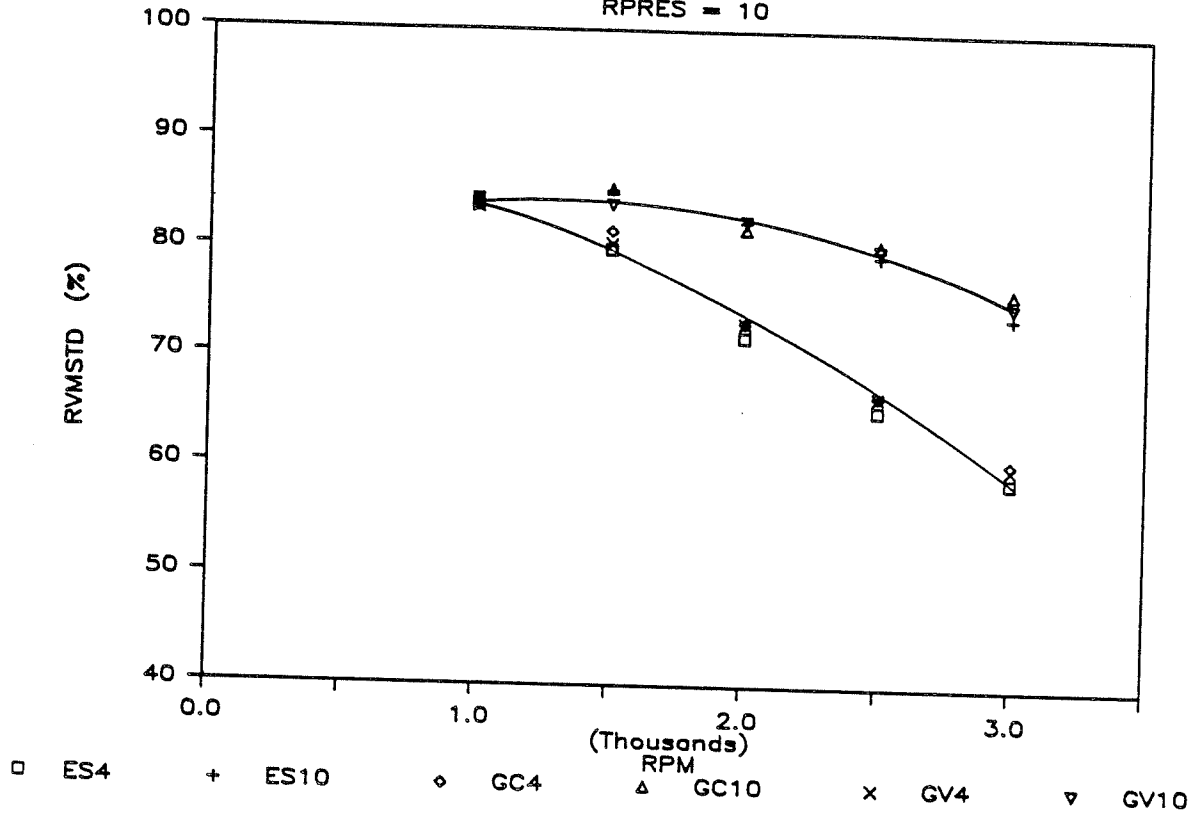
□ ESR1 + ESR3 ♦ GCR1 Δ GCR3 × GVR1 ▽ GVR3

GRAPHIQUE 10



RVMSTD VS RPM

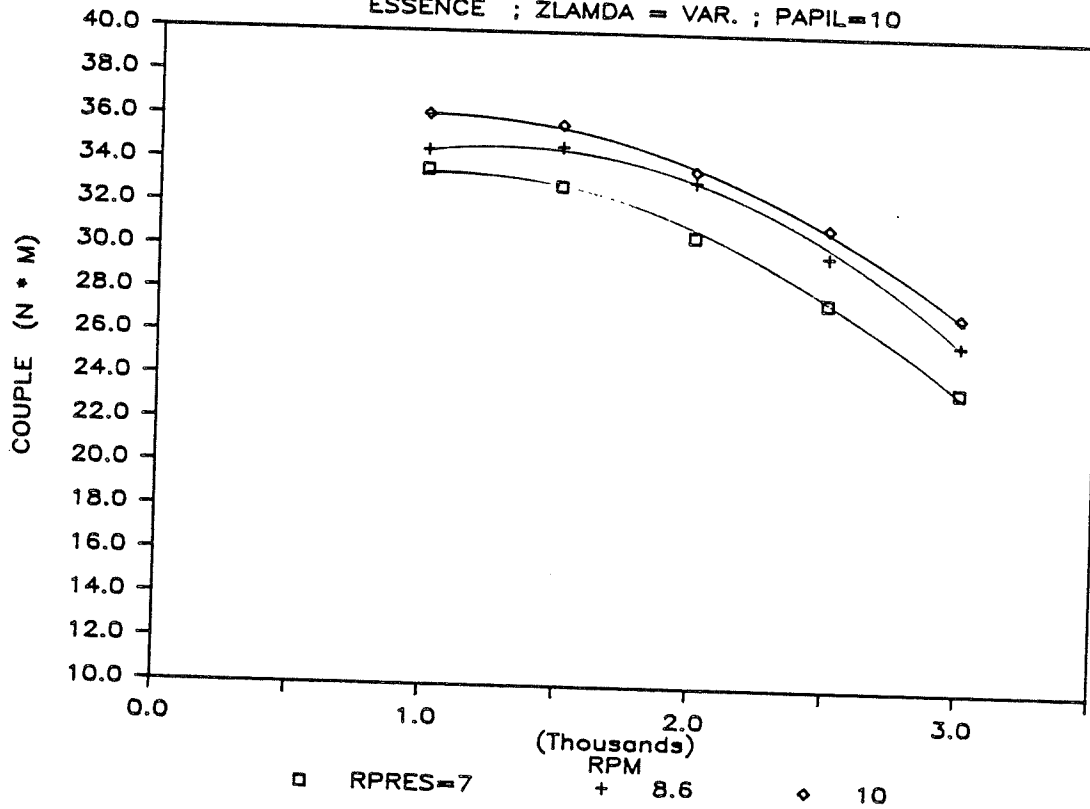
RPRES = 10



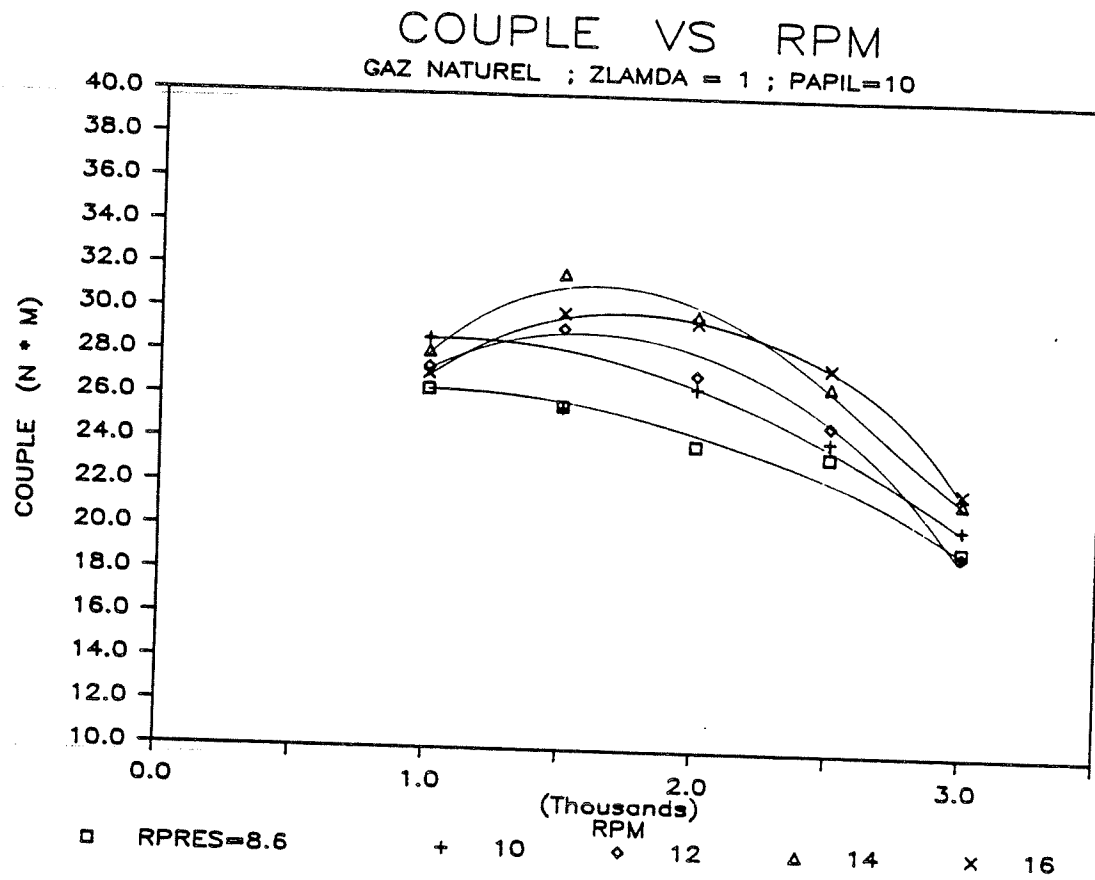
GRAPHIQUE 13

COUPLE VS RPM

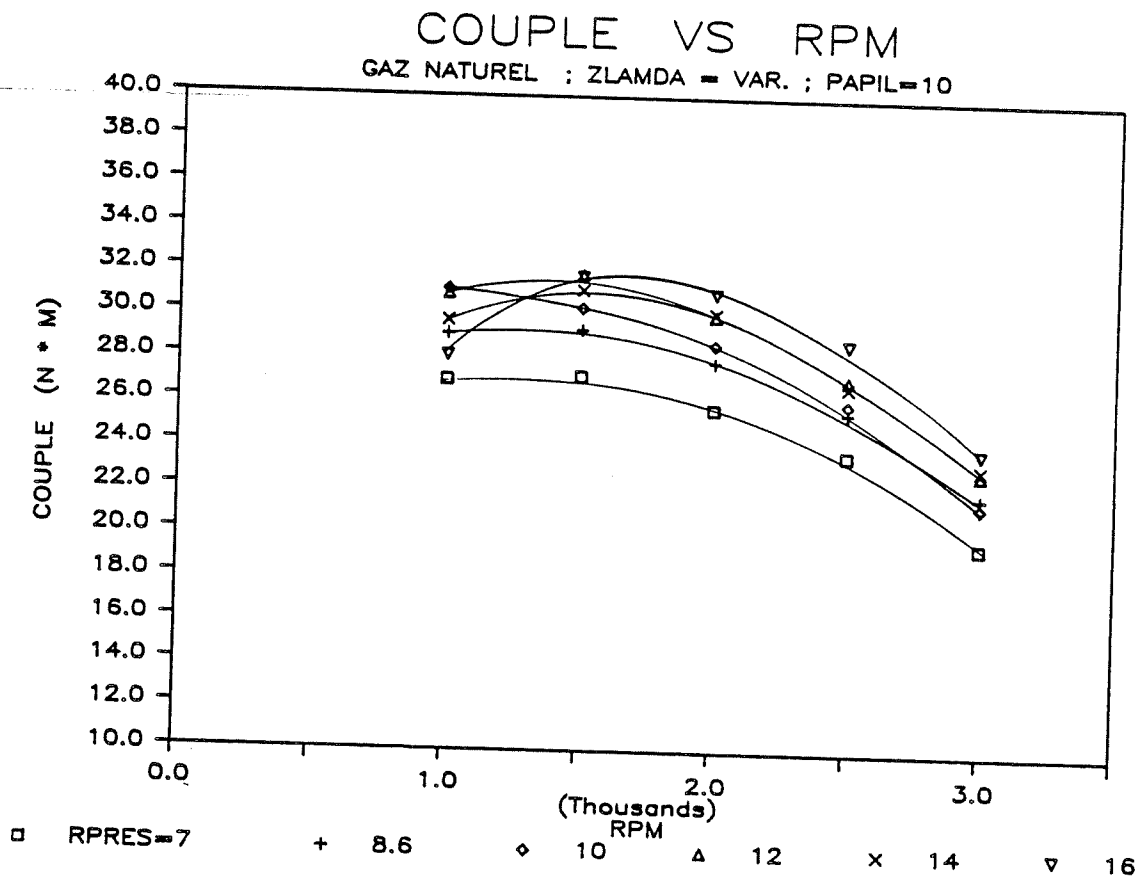
ESSENCE ; ZLAMDA = VAR. ; PAPIL=10



GRAPHIQUE 14



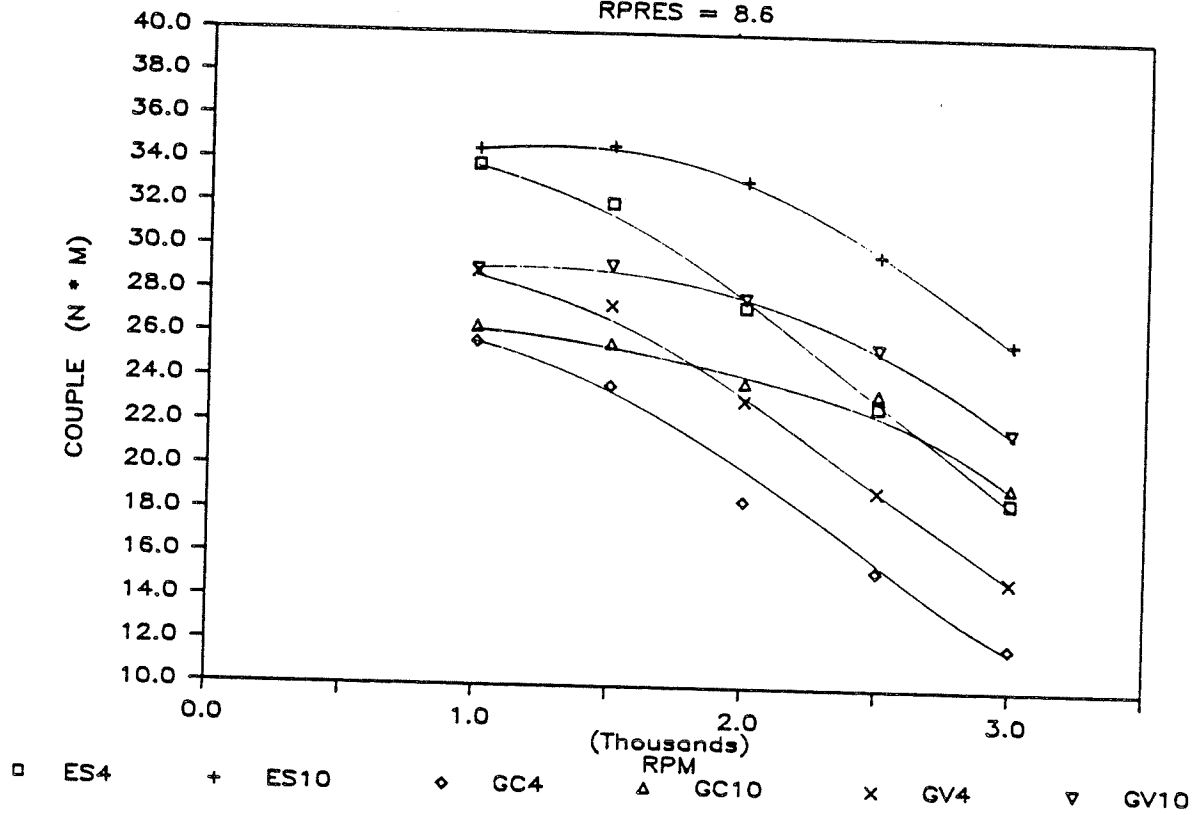
GRAPHIQUE 15



GRAPHIQUE 16

COUPLE VS RPM

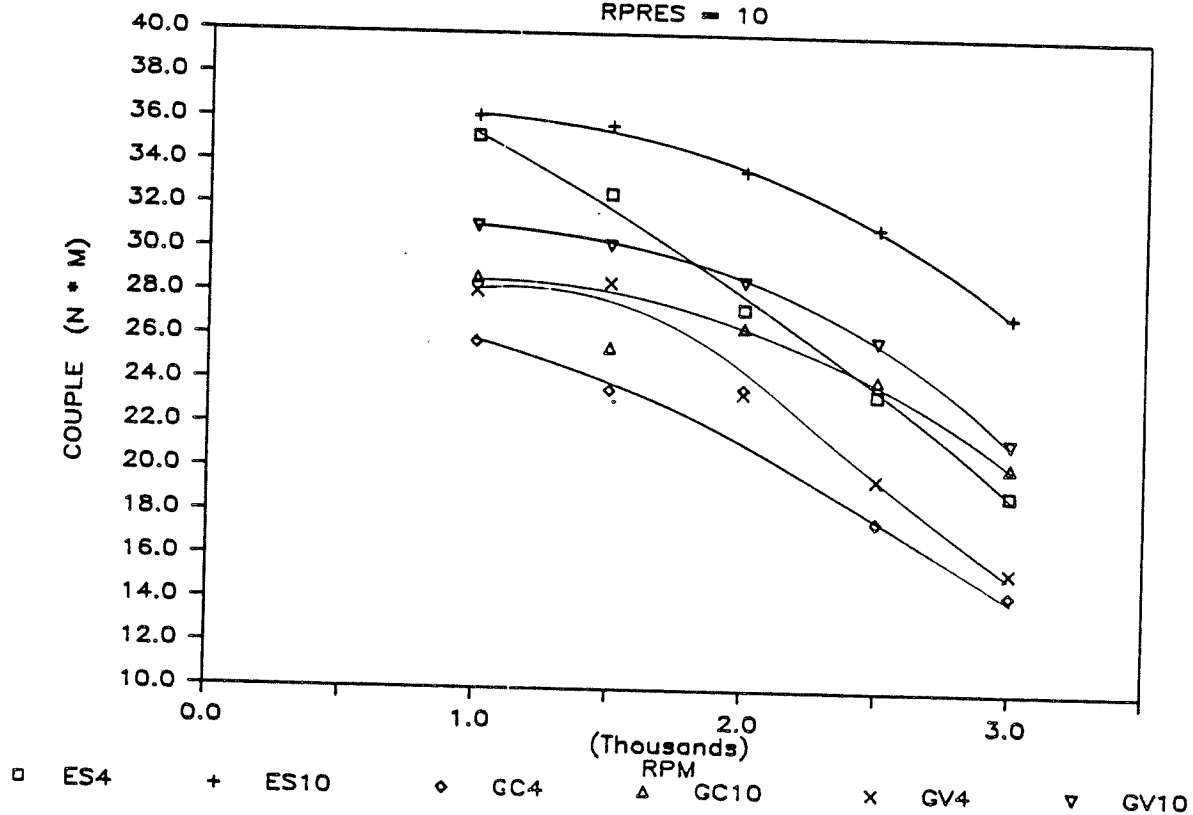
RPRES = 8.6



GRAPHIQUE 17

COUPLE VS RPM

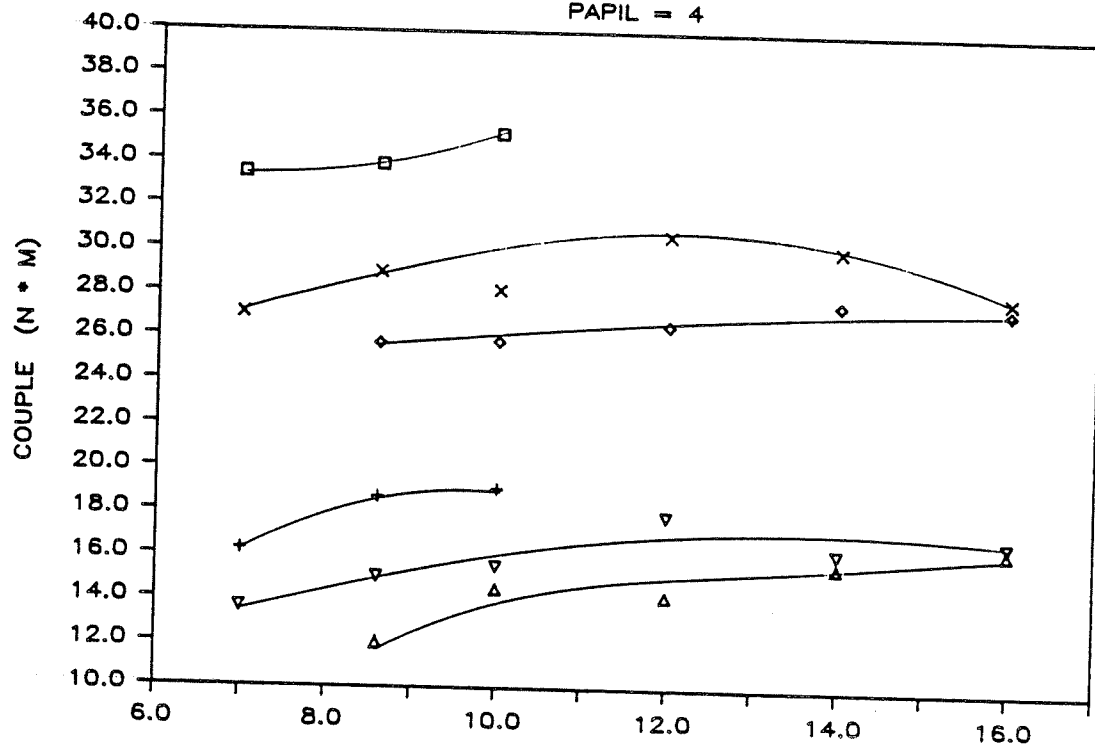
RPRES = 10



GRAPHIQUE 18

COUPLE VS RPRES

PAPIL = 4

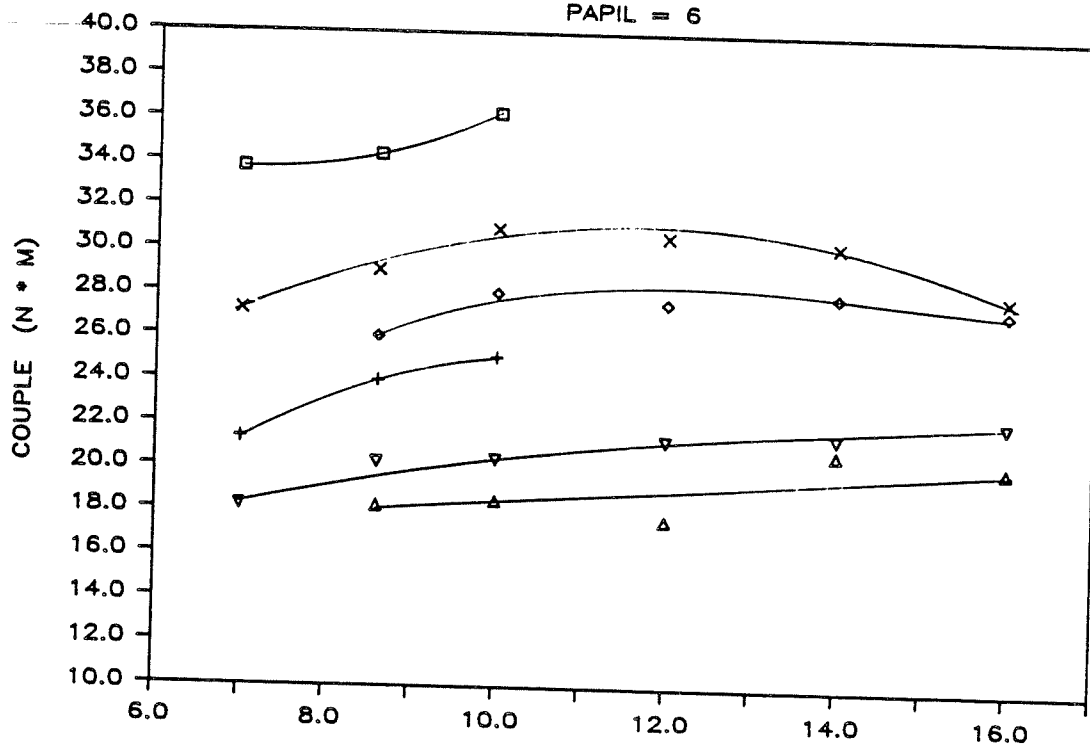


□ ESR1 + ESR3 ♦ GCR1 Δ GCR3 × GVR1 ▽ GVR3

GRAPHIQUE 19

COUPLE VS RPRES

PAPIL = 6

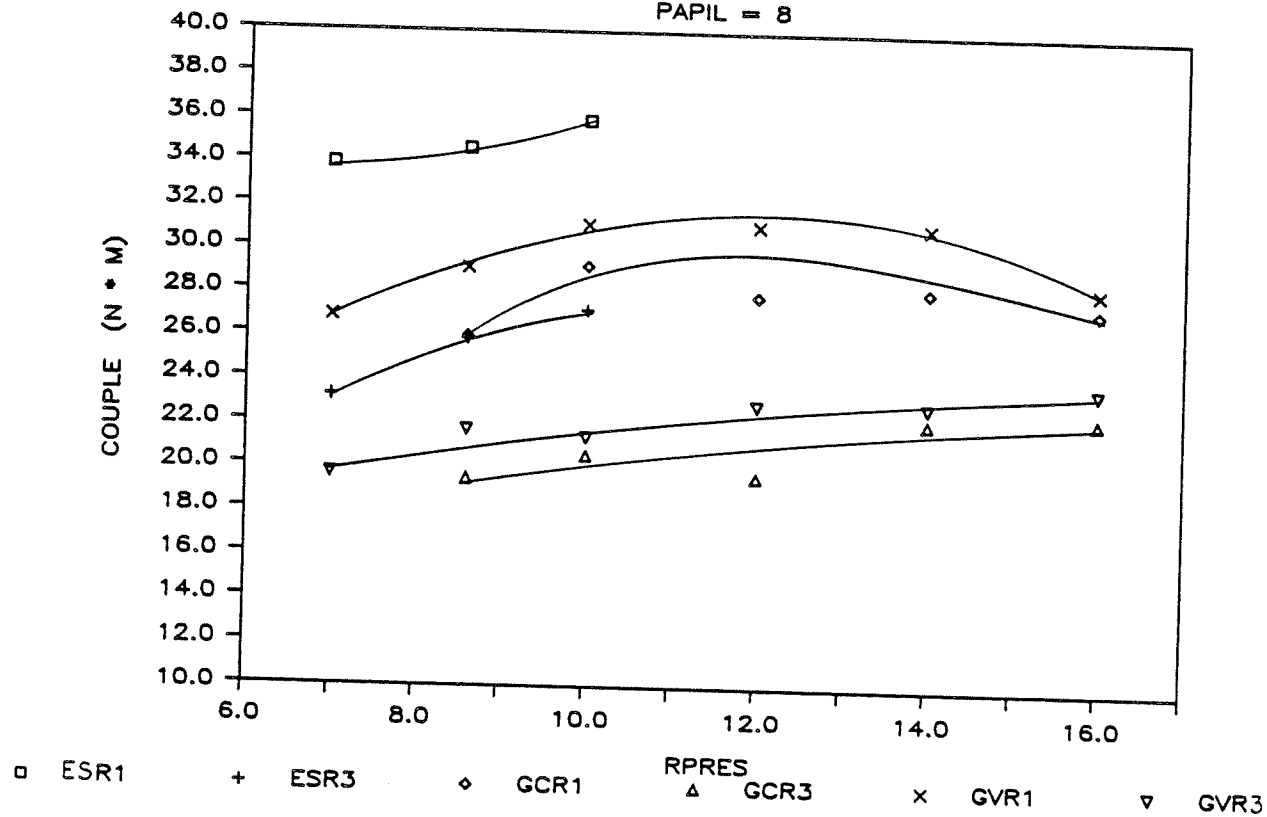


□ ESR1 + ESR3 ♦ GCR1 Δ GCR3 × GVR1 ▽ GVR3

GRAPHIQUE 20

COUPLE VS RPRES

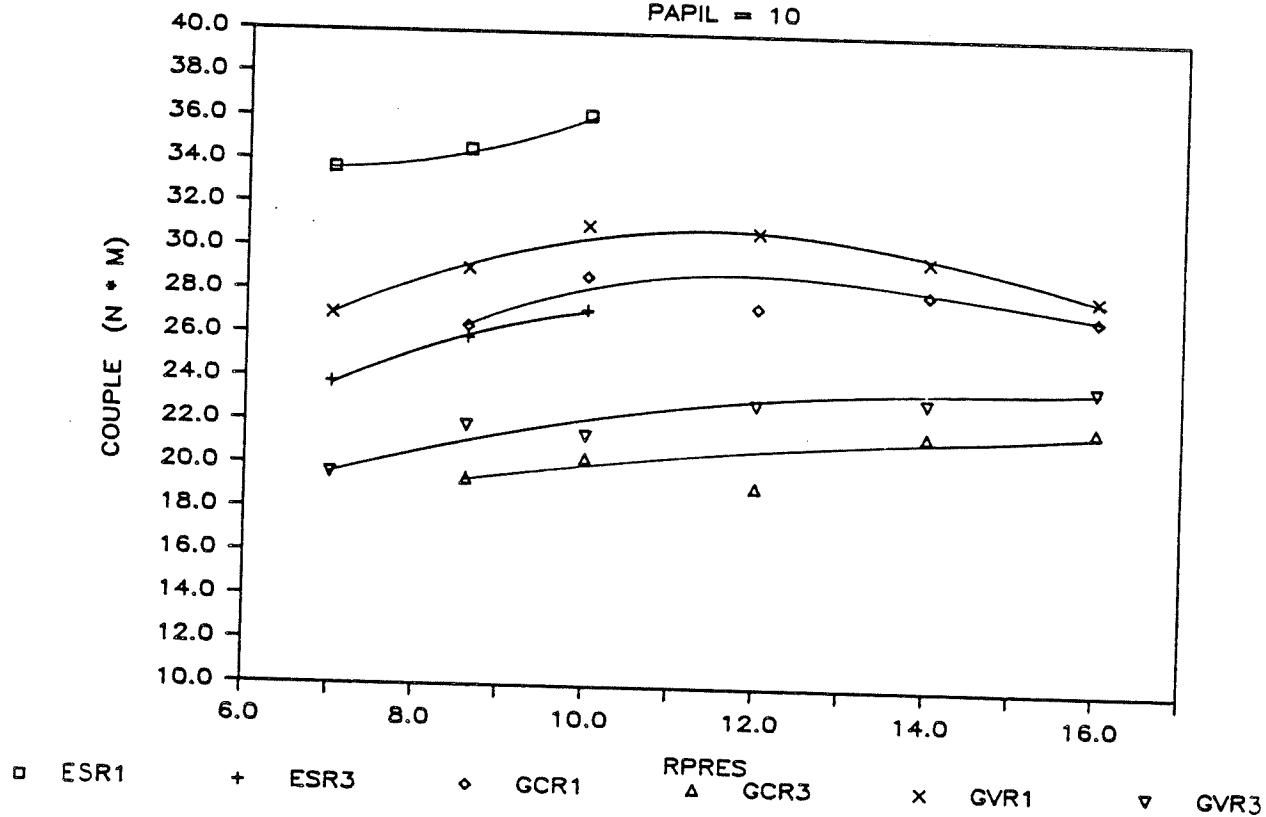
PAPIL = 8



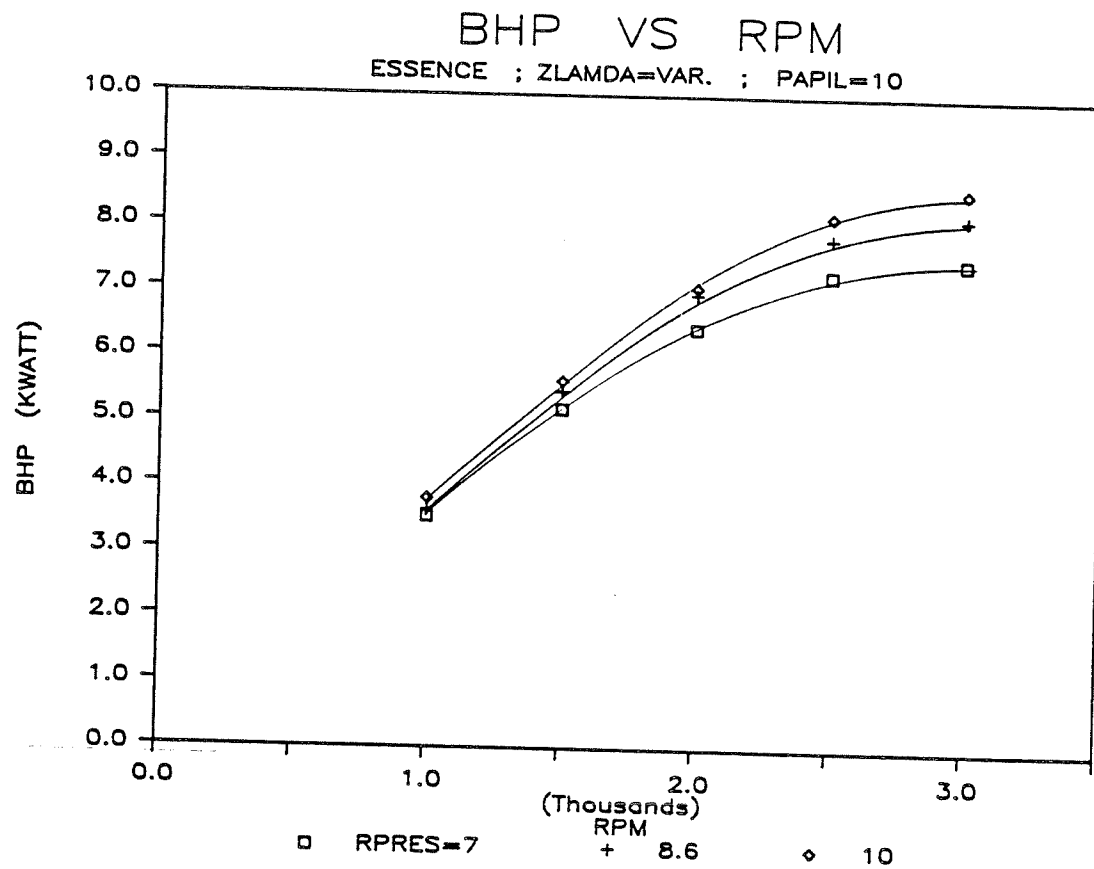
GRAPHIQUE 21

COUPLE VS RPRES

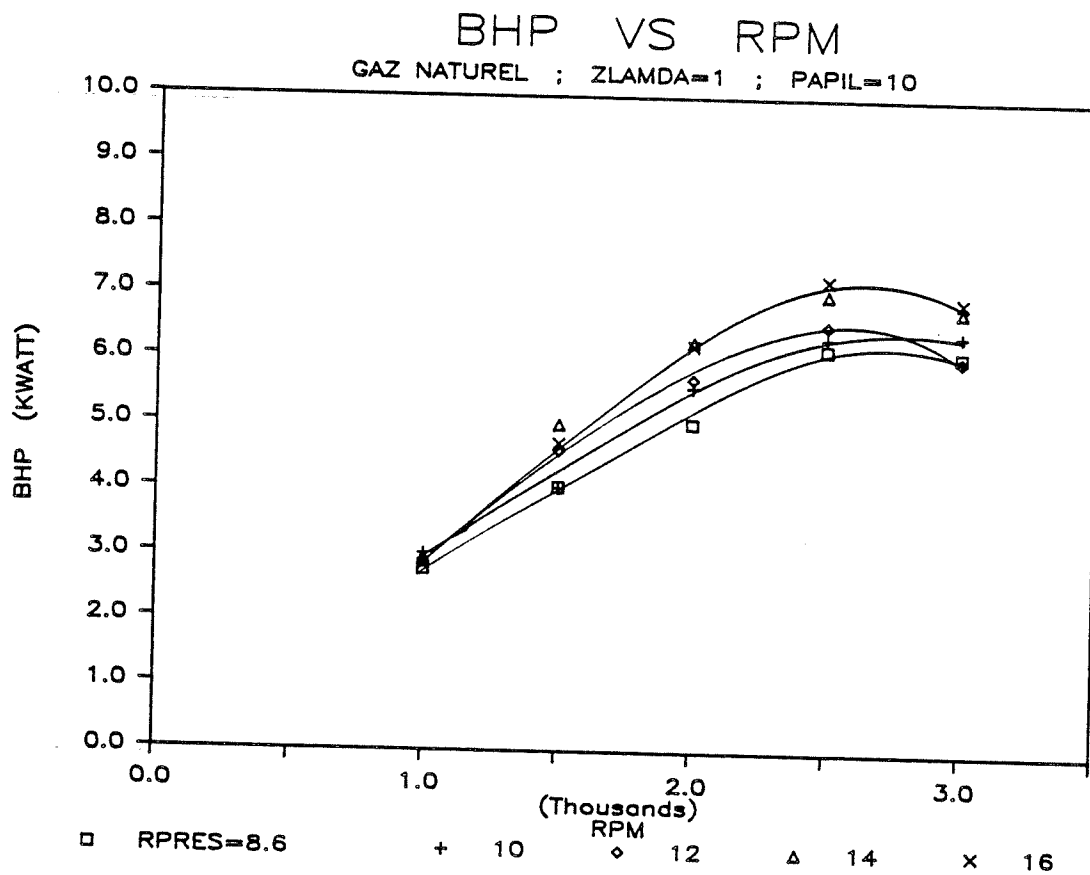
PAPIL = 10



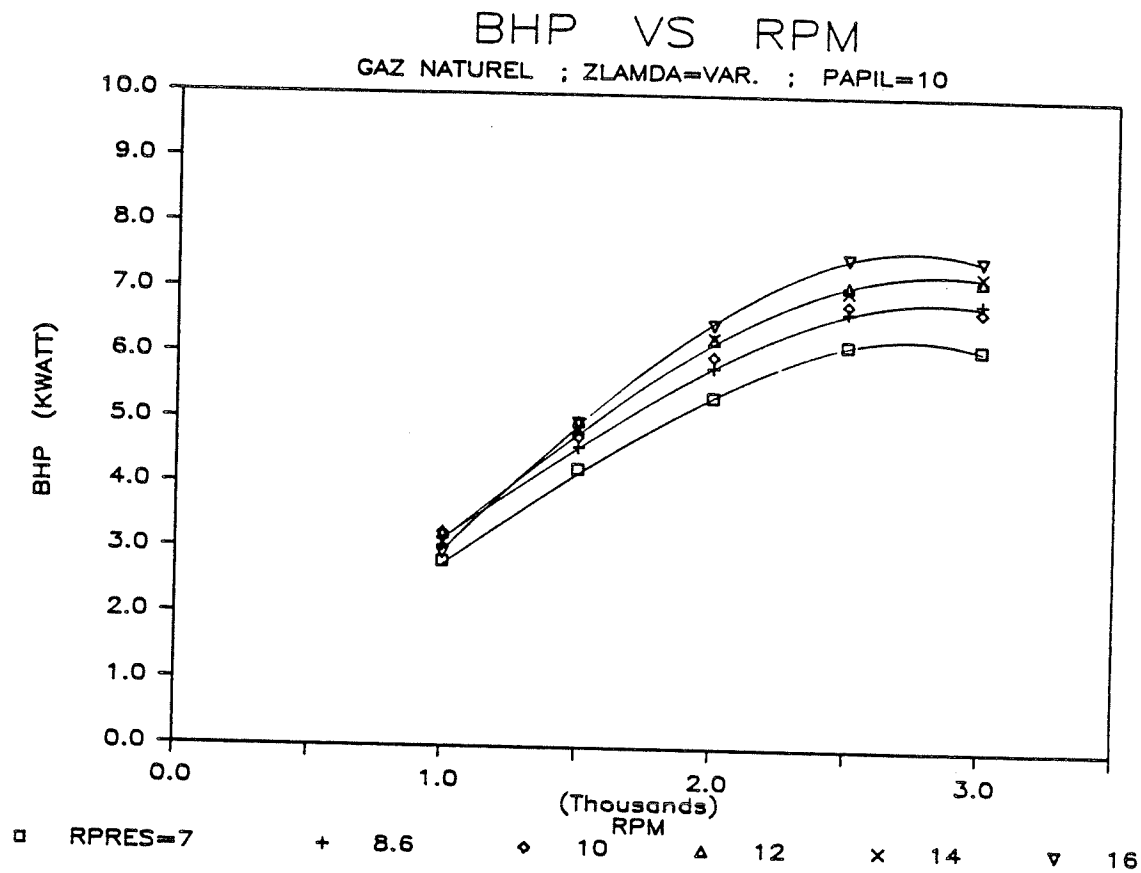
GRAPHIQUE 22



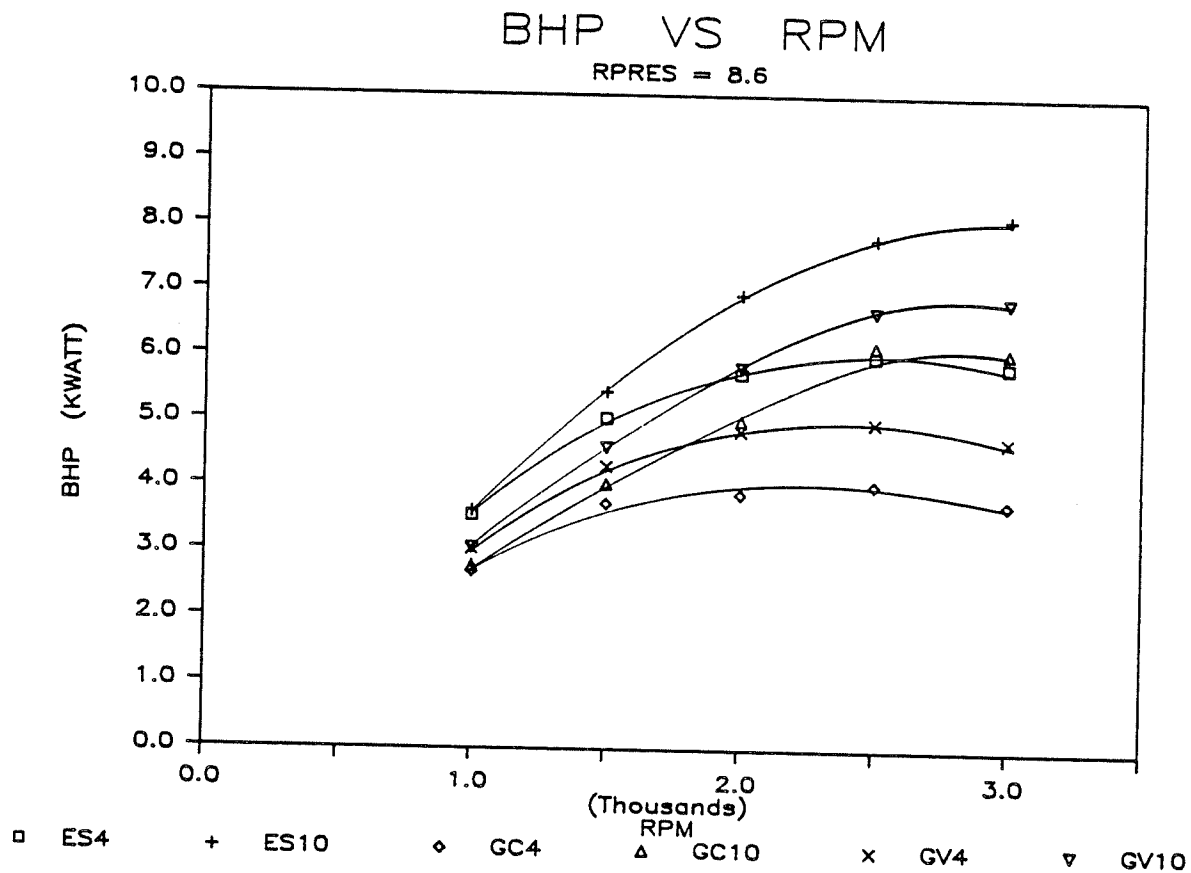
GRAPHIQUE 23



GRAPHIQUE 24



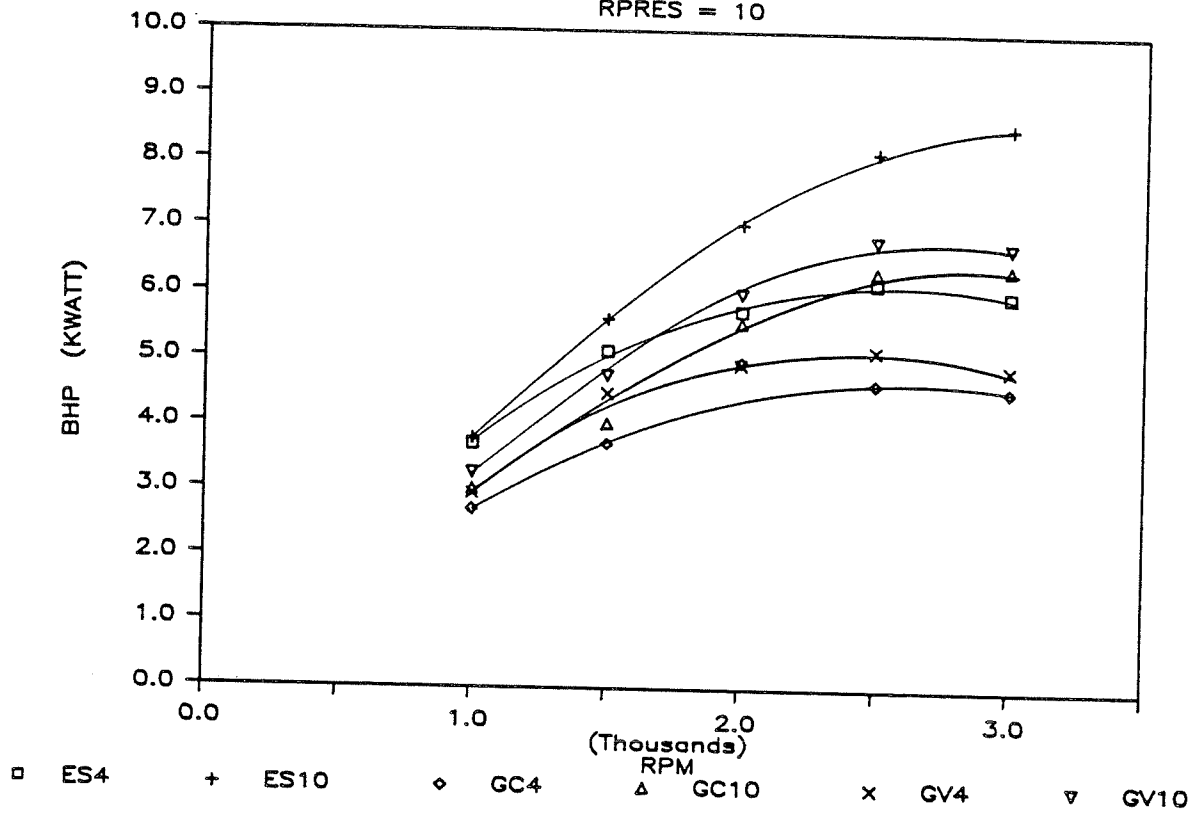
GRAPHIQUE 25



GRAPHIQUE 26

BHP VS RPM

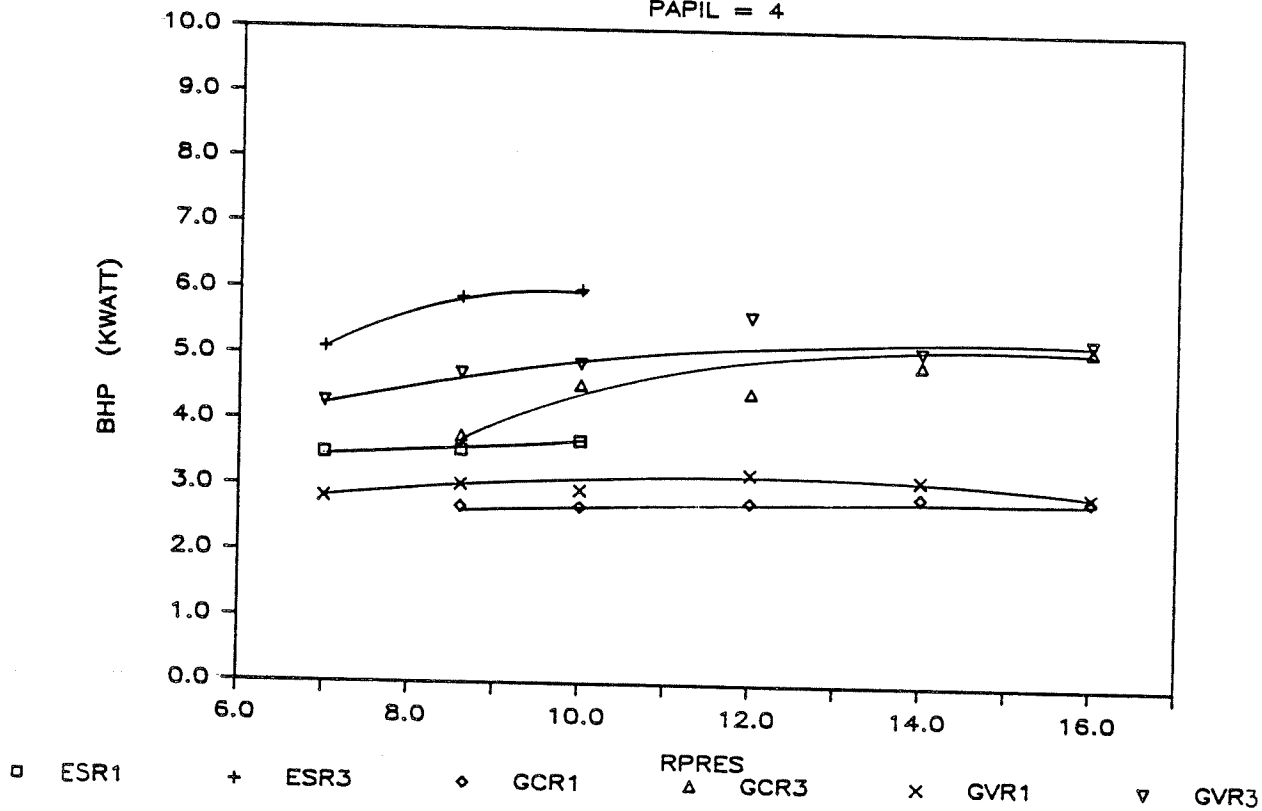
RPRES = 10



GRAPHIQUE 27

BHP VS RPRES

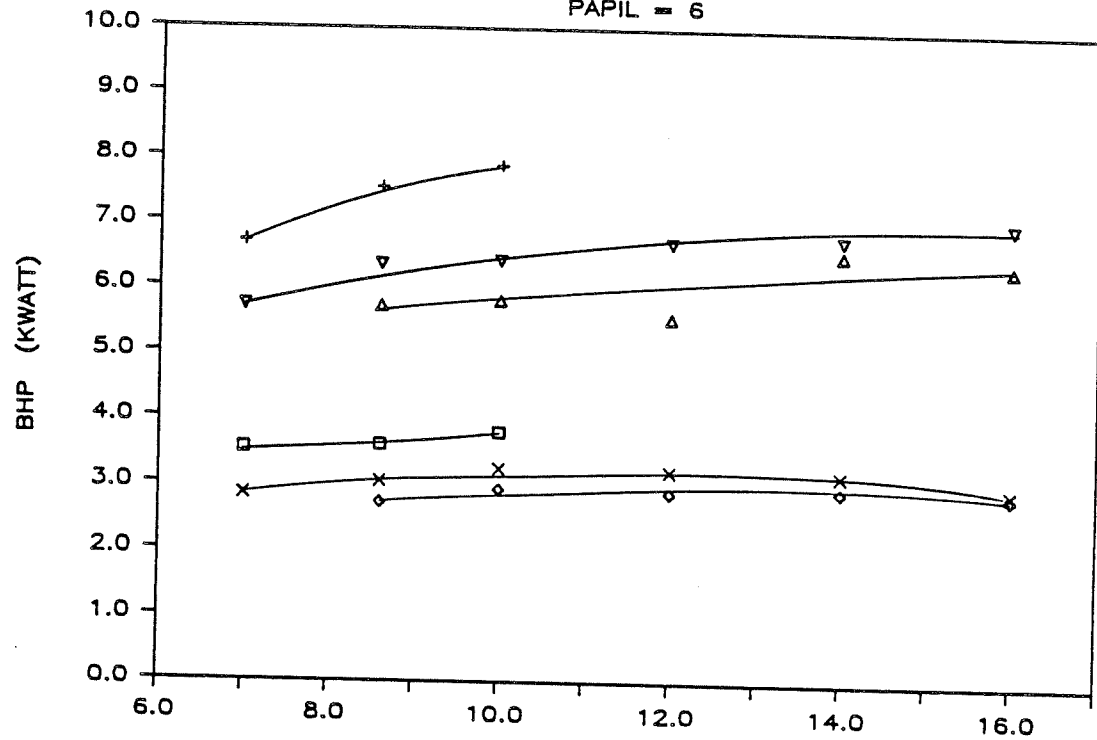
PAPIL = 4



GRAPHIQUE 28

BHP VS RPRES

PAPIL = 6

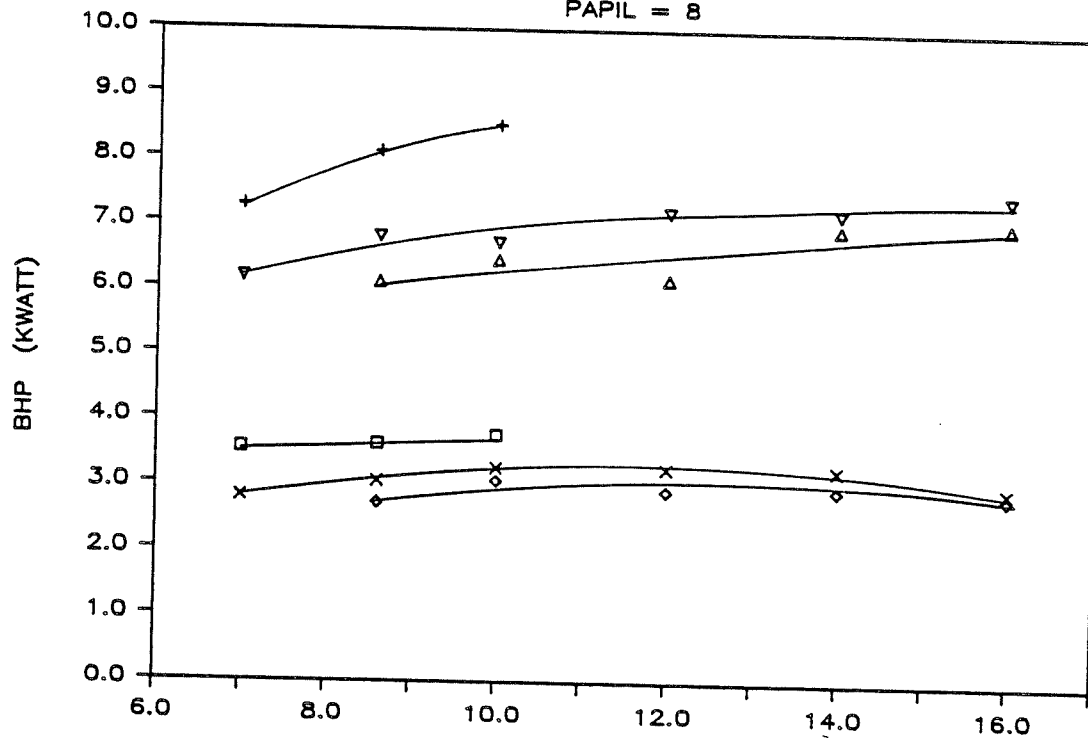


□ ESR1 + ESR3 ◇ GCR1 △ GCR3 × GVR1 ▽ GVR3

GRAPHIQUE 29

BHP VS RPRES

PAPIL = 8

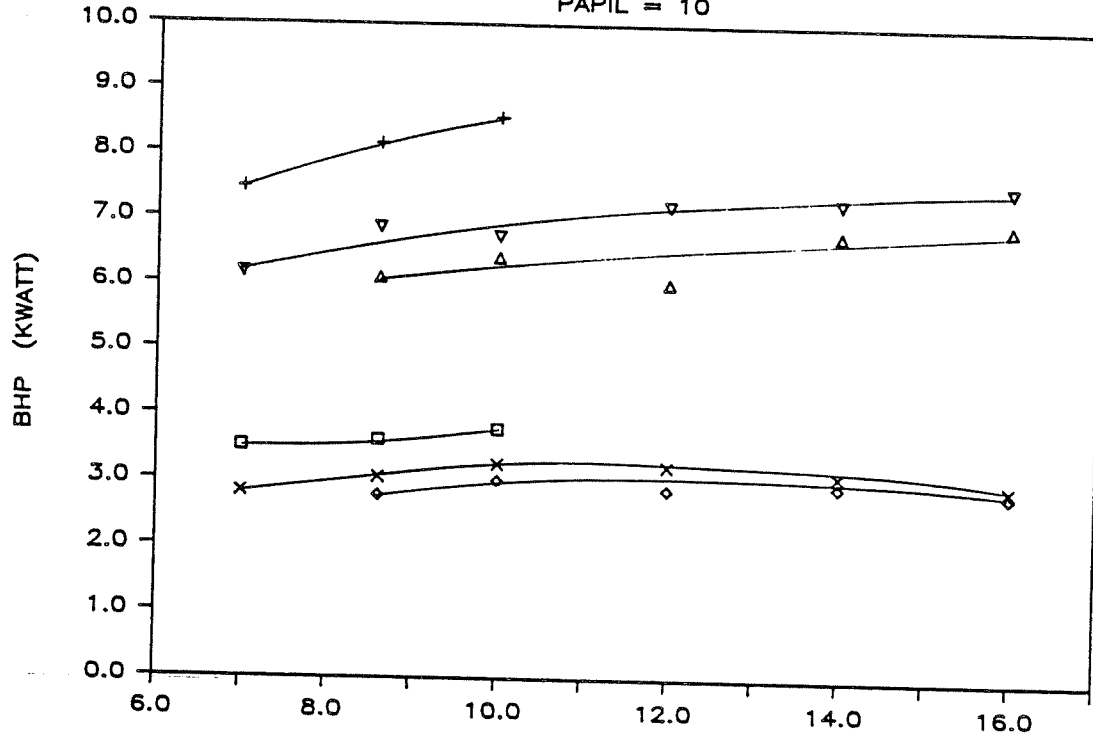


□ ESR1 + ESR3 ◇ GCR1 △ GCR3 × GVR1 ▽ GVR3

GRAPHIQUE 30

BHP VS RPRES

PAPIL = 10

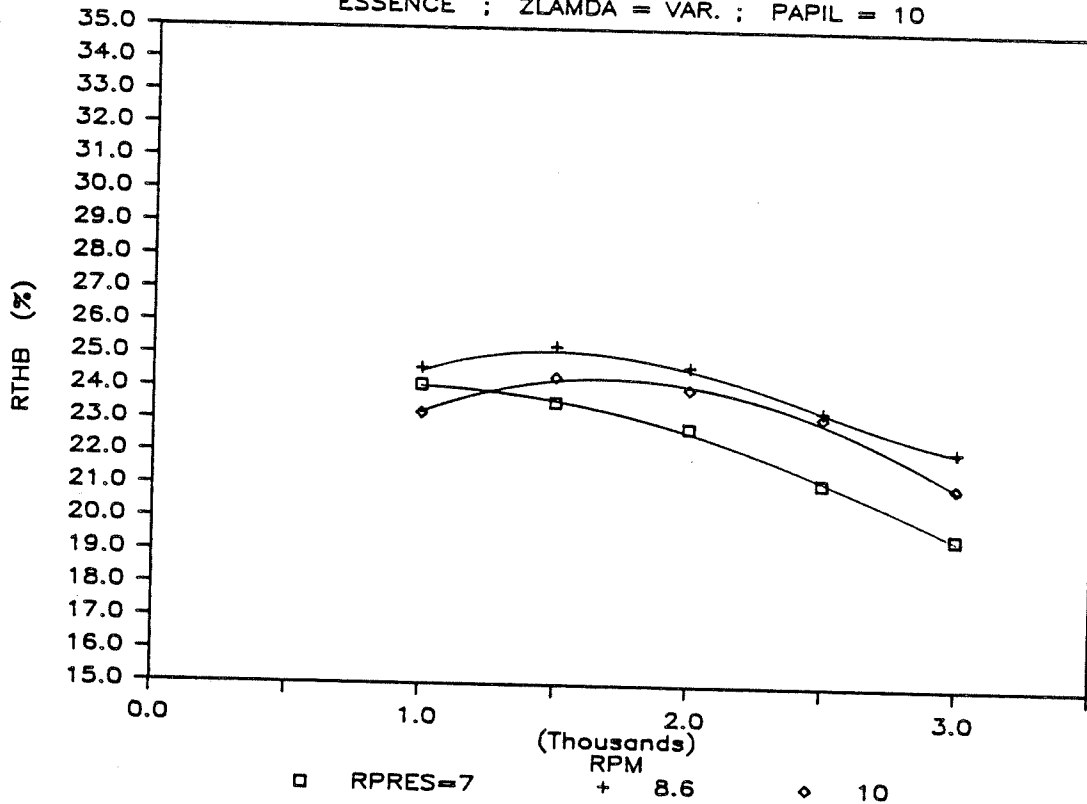


□ ESR1 + ESR3 ♦ GCR1 Δ GCR3 × GVR1 ▽ GVR3

GRAPHIQUE 31

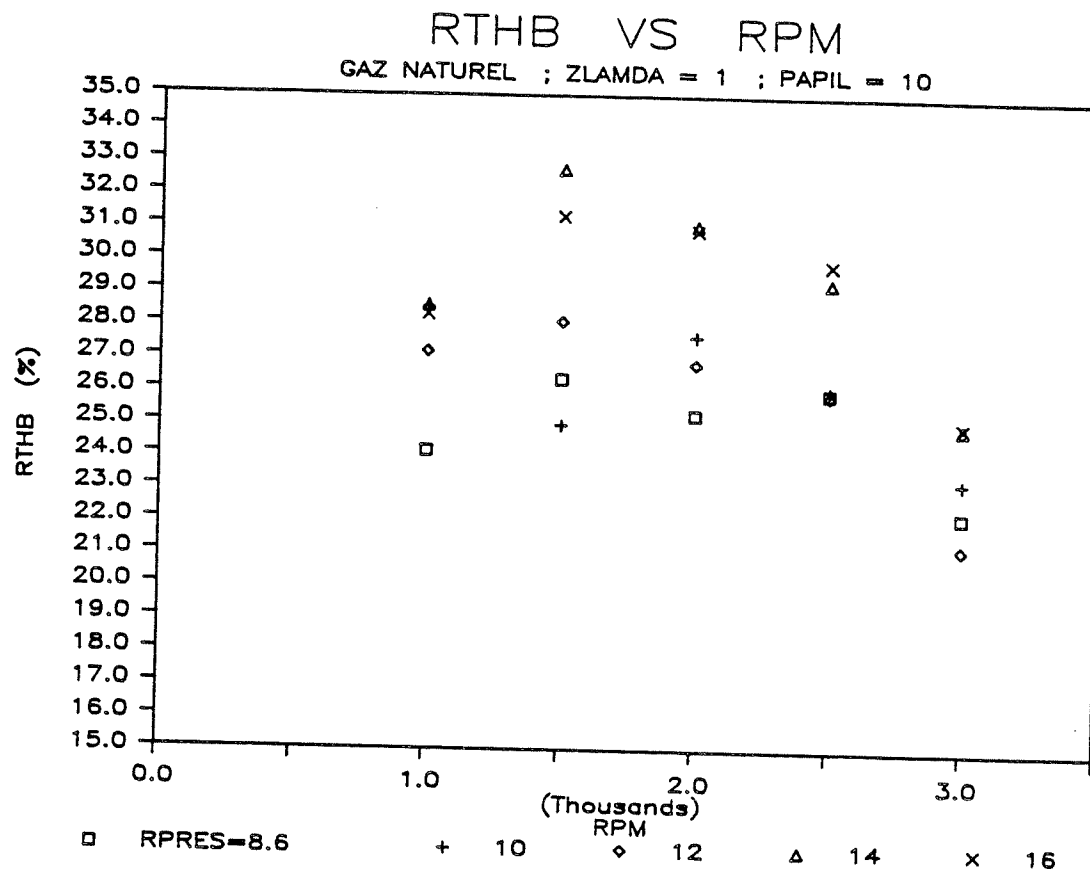
RTHB VS RPM

ESSENCE ; ZLAMDA = VAR. ; PAPIL = 10

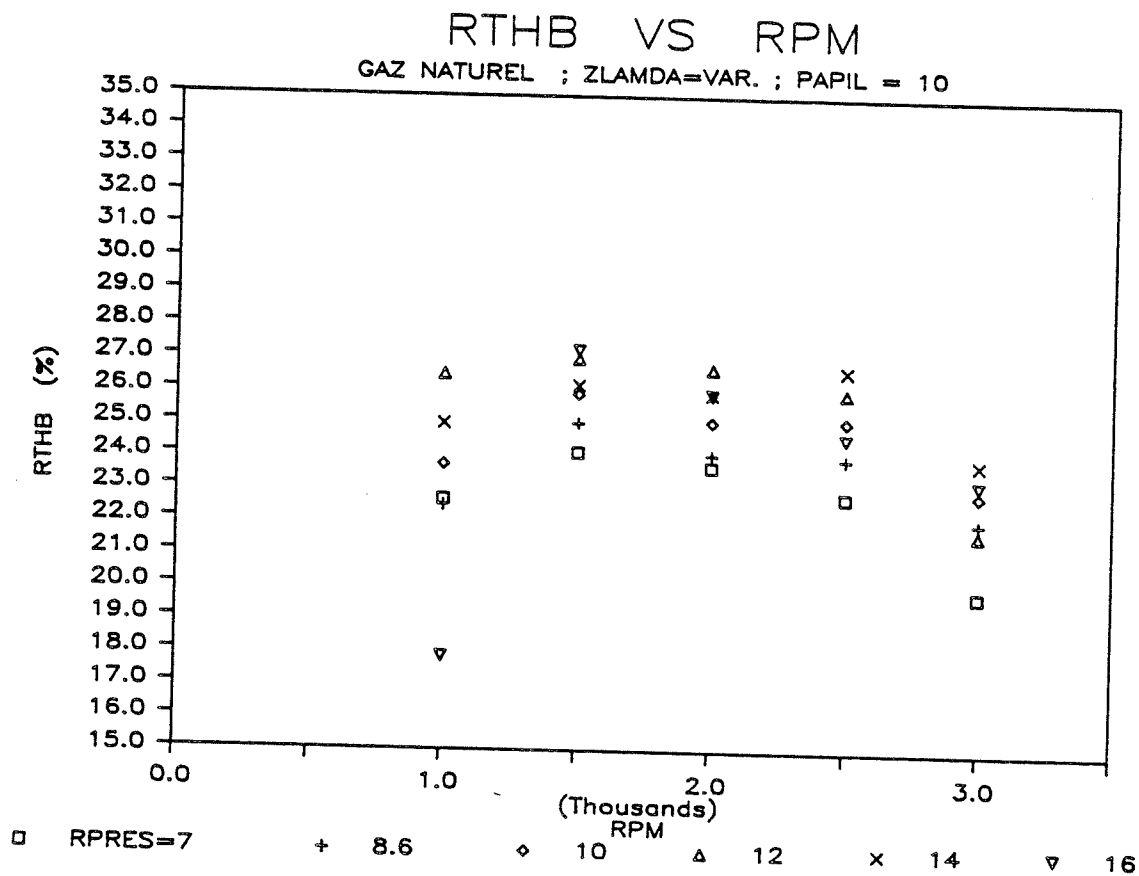


□ RPRES=7 + 8.6 ♦ 10

GRAPHIQUE 32



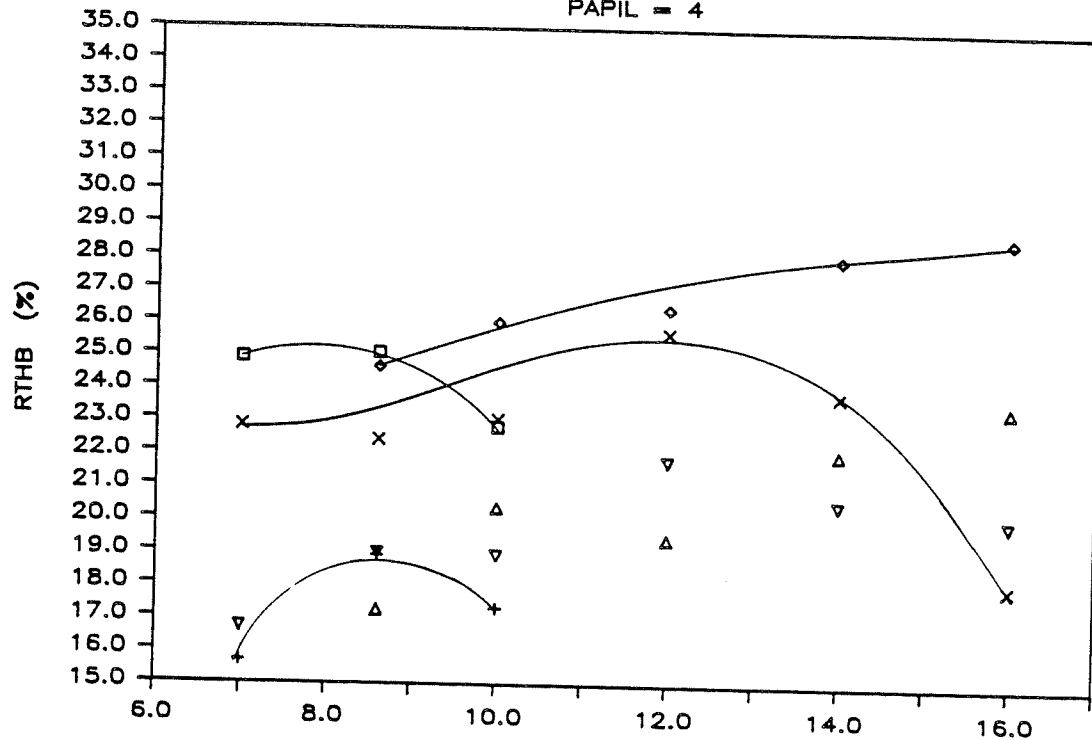
GRAPHIQUE 33



GRAPHIQUE 34

RTHB VS RPRES

PAPIL = 4

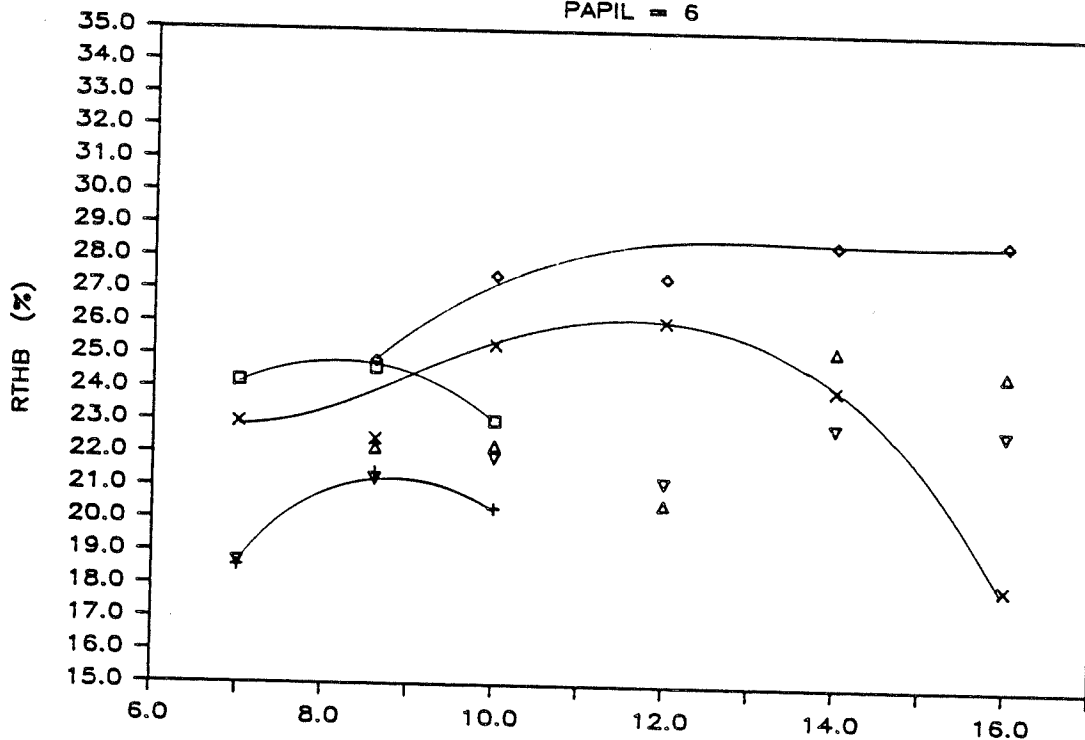


□ ESR1 + ESR3 ◇ GCR1 △ GCR3 × GVR1 ▽ GVR3

GRAPHIQUE 35

RTHB VS RPRES

PAPIL = 6

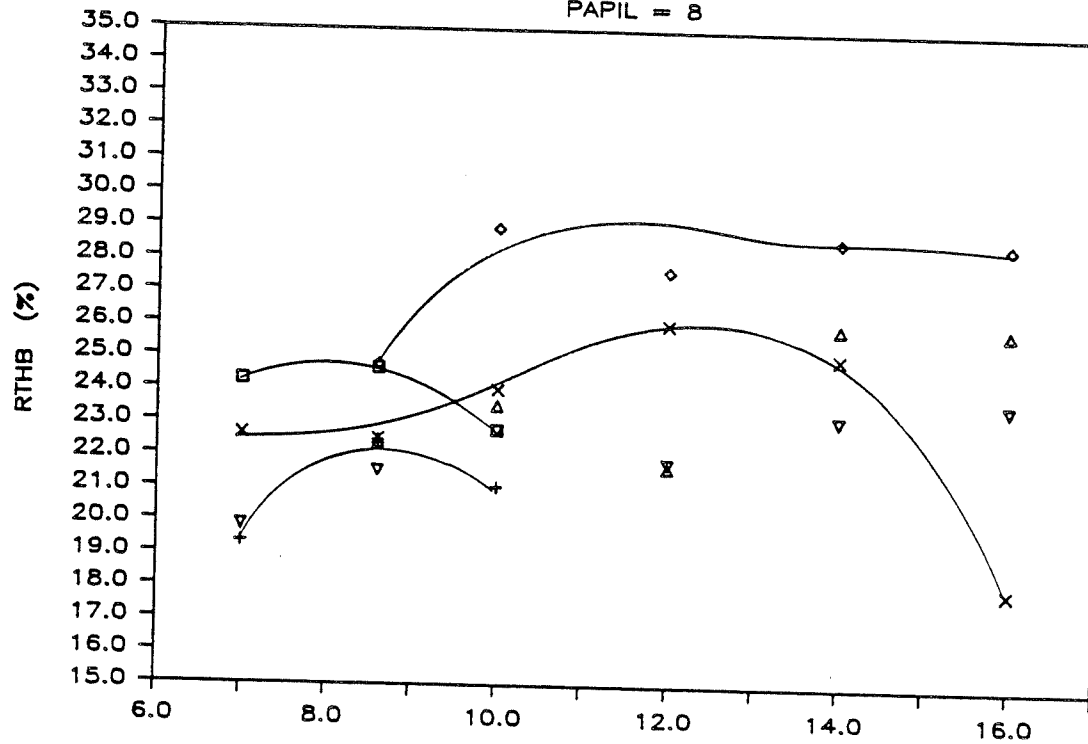


□ ESR1 + ESR3 ◇ GCR1 △ GCR3 × GVR1 ▽ GVR3

GRAPHIQUE 36

RTHB VS RPRES

PAPIL = 8

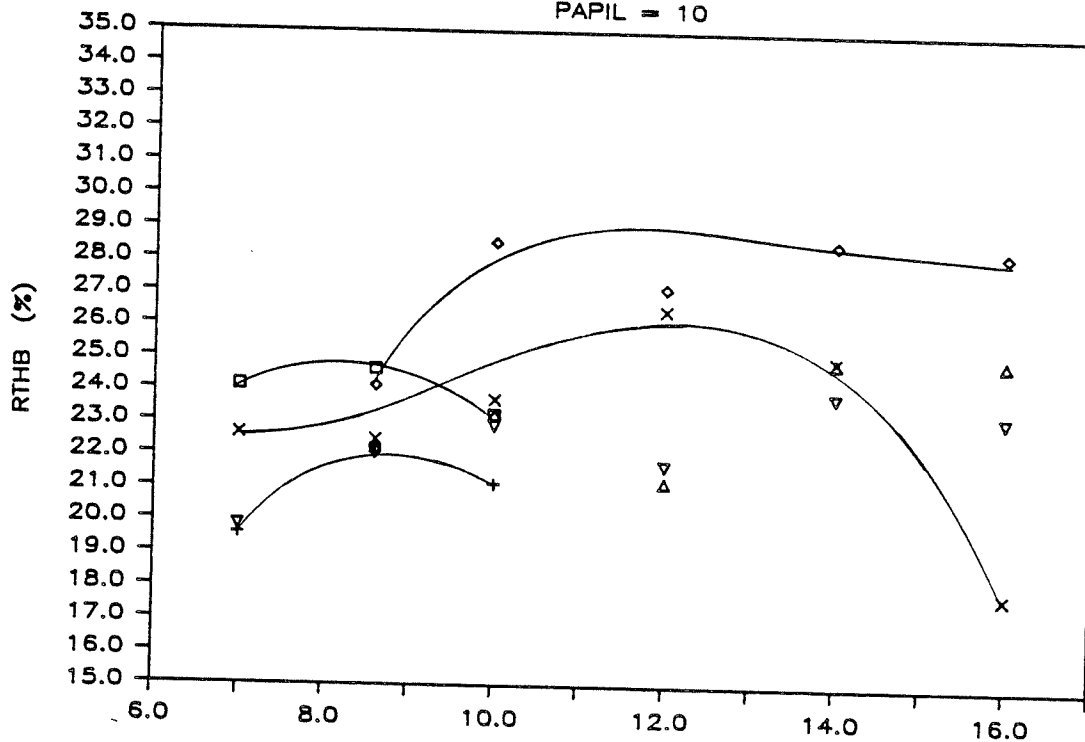


□ ESR1 + ESR3 ◇ GCR1 △ GCR3 × GVR1 ▽ GVR3

GRAPHIQUE 37

RTHB VS RPRES

PAPIL = 10

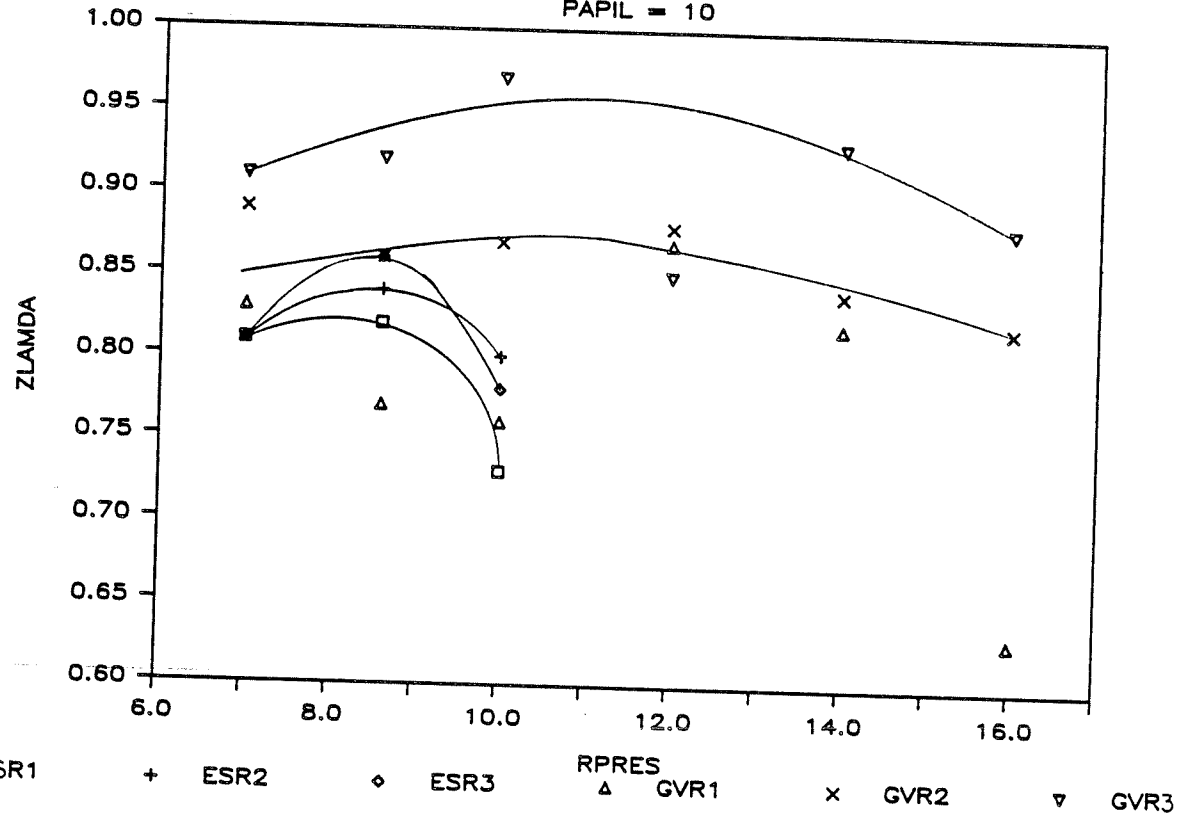


□ ESR1 + ESR3 ◇ GCR1 △ GCR3 × GVR1 ▽ GVR3

GRAPHIQUE 38

ZLAMDA VS RPRES

PAPIL = 10



GRAPHIQUE 39

ANNEXE D

LISTE D'ÉQUIPEMENTS UTILISÉS

A- Moteur "Ricardo" E.6/T"

Nombre de cylindre : 1

Diamètre du piston : 3 po

Course du piston : 4 3/8 po

Modifications possibles: taux de compression (4 —> 20)

avance d'allumage (0° —> 60°)

ouverture du papillon

vitesse de rotation (1000 à 3000 tpm)

B- Débitmètre à air "Alcock" type Viscous Flow Air Meter, débit maximum 30 CFM, muni d'un filtre à air

C- Mélangeur air-gaz naturel type venturi, marque "Garretson", modèle 201-17

D- Dynamomètre électrique "Laurence Scott & Electromotors Ltd.", muni sur le stator d'un bras de levier de 1.3 pieds et de poids interchangeables et relié à une résistance variable pour dissiper l'énergie électrique produite par la génératrice

E- Ligne de gaz naturel ayant 2 mano-détendeurs pour ramener la pression à la pression atmosphérique, un réservoir tampon de 3.5 pi³, une vanne de contrôle du débit de gaz (vanne à guillotine)

- F- Débitmètre pour le gaz naturel type Laminar Flow Element de "Meriam", modèle 50MJ10 type 9.
- G- Oscilloscope "Tektronix #564-B" pour visualiser le diagramme P-V du cycle de combustion
- H- Sonde de pression pour enregistrement de la pression dans le cylindre, branchée à l'oscilloscope (ordonnée), marque "Kiowa PE-P"
- I- Sonde de déplacement pour enregistrer la position du piston, branchée à l'oscilloscope (abscisse), marque "Disa Piston Stroke Transducer"
- J- Thermocouple type T (cuivre-constantan) et voltmètre digital pour enregistrer la température du gaz naturel à l'entrée du mélangeur
- K- Thermocouple type T (cuivre-constantan) et voltmètre digital pour enregistrer la température de l'air à l'entrée du mélangeur
- L- Manomètre incliné (liquide) pour mesurer le différentiel de pression du débitmètre à air - Marque Alcock

- M- Manomètre en U (10 pouces d'eau) pour mesurer le différentiel de pression entre l'amont et l'aval du mélangeur air-gaz - Marque "Dwyer"
- N- Manomètre en U (10 pouces d'eau) pour mesurer le différentiel de pression entre le col du venturi du mélangeur et la pression atmosphérique - Marque "Dwyer"
- O- Manomètre en U (10 pouces d'eau) pour mesurer le différentiel de pression du débitmètre au gaz naturel - Marque "Dwyer"
- P- Baromètre au mercure (gradué en cm de Hg)
- Q- Psychromètre pour mesurer les températures sèches et humides de l'air ambiant
- R- Stroboscope électronique pour fixer la vitesse de rotation du moteur Ricardo
- S- Chronomètre pour mesurer le débit d'essence (minute)
- T- Burette graduée pour mesurer le débit d'essence (millilitre)
- U- Carburateur à essence Solex type 35 F.A.1 équipé d'une vanne à pointeau ajustable
- V- Hydromètre pour mesurer la densité relative de l'essence

ANNEXE E
LISTING D'ORDINATEUR

551

```

1: *C123456789012345678901234567890123456789012345678901234567890
2: C*****
3: C-----
4: C-----
5: C-----
6: C-----CE PROGRAMME DETERMINE LES PROPRIETES PHYSIQUES DU GAZ NATUREL A
7: C-----PARTIR DE LA CONNAISSANCE DE LA FRACTION MOLAIRES DE CHAQUE
8: C-----CONSTITUANTS . LES PROPRIETES SONT :
9: C-----1- POIDS MOLECULAIRE TOTAL DU GN
10: C-----2- CONSTANTE DES GAZ POUR LE GN
11: C-----3- DENSITE ABSOLUE DU GN
12: C-----4- DENSITE RELATIVE DU GN
13: C-----5- VISCOSITE TOTAL DU GN
14: C-----6- POUVOIR CALORIFIQUE INFERIEUR DU GN
15: C-----7- RAPPORT (A/F) POUR COMBUSTION STOICHIOMETRIQUE
16: C-----LE PROGRAMME EST INTERACTIF ; LES DATAS SONT ENTREES AU CLAVIER
17: C-----LA SORTIE DES RESULTATS SE FAIT A L'ECRAN (OU IMPRIMANTE)
18: C-----
19: C-----DERNIERE MODIFICATION : 23-4-1986
20: C-----
21: C*****
22: C-----
23: C-----
24: C-----
25: C-----
26: C-----METH : METHANE CH4
27: C-----ETHA : ETHANE C2H6
28: C-----PROP : PROPANE C3H8
29: C-----BUTA : BUTANE C4H10
30: C-----PENT : PENTANE C5H12
31: C-----N2 : AZOTE N2
32: C-----CO2 : DIOXIDE DE CARBONE CO2
33: C-----
34: C-----TS : TEMPERATURE STANDARD (60 F = 520 R)
35: C-----PS : PRESSION STANDARD (30 PD HG = 2121.98 LB.F/PI2)
36: C-----DAAIRS : DENSITE ABSOLUE DE L'AIR A 60 F ET 30 PD HG (LB.F/PI3)
37: C-----WMAIR : POIDS MOLECULAIRE DE L'AIR (LB.M/LB.MOLE)
38: C-----FV#### : FRACTION MOLAIRES D'UN CONSTITUANT DU GN ( 0 A 1.0 )
39: C-----FM#### : FRACTION MASSIQUE D'UN CONSTITUANT DU GN ( 0 A 1.0 )
40: C-----WM#### : POIDS MOLECULAIRE D'UN CONSTITUANT DU GN (LB.M/LB.MOLE)
41: C-----WMGN : POIDS MOLECULAIRE TOTAL DU GN (LB.M/LB.MOLE)
42: C-----ZM#### : MASSE D'UN CONSTITUANT PAR LB.MOLE (LB.M/LB.MOLE)
43: C-----ZL#### : POUVOIR CALORIFIQUE INFERIEUR D'UN CONSTITUANT (BTU/LB.M)
44: C-----WL#### : POUVOIR CALORIFIQUE INFERIEUR D'UN CONSTITUANT PAR
45: C-----LIVRE MASSE DE GN (BTU/LB.M GN)
46: C-----ZLCV : POUVOIR CALORIFIQUE INFERIEUR TOTAL DU GN (BTU/LB.M)
47: C-----VI#### : VISCOSITE DYNAMIQUE D'UN CONSTITUANT (MICROPOISE)
48: C-----DONNE A 32 F (0 C) ET 14.7 PSIA
49: C-----VIGNO : VISCOSITE DYNAMIQUE TOTALE DU GN A 0 C (MICROPOISE)
50: C-----RU : CONSTANTE UNIVERSELLE DES GAZ (LB.F*PI/LB.MOLE*R)
51: C-----RGN : CONSTANTE DES GAZ POUR LE GN (LB.F*PI/LB.M*R)
52: C-----DAGN : DENSITE ABSOLUE DU GN (LB.M/PI3)
53: C-----DRGN : DENSITE RELATIVE DU GN
54: C-----XO2 : POIDS MOLECULAIRE DE L'OXYGENE DE L'AIR NECESSAIRE POUR UNE
55: C-----COMBUSTION STOICHIOMETRIQUE

```

```

,1101
56: C-----XN2 : POIDS MOLECULAIRE DE L'AZOTE DE L'AIR ASSOCIE A XO2
57: C-----YCO2 : POIDS MOLECULAIRE DU CO2 DANS LES PRODUITS DE COMBUSTION
58: C-----      STOCHIMETRIQUE
59: C-----YH2O : POIDS MOLECULAIRE DU H2O DANS LES PRODUITS DE COMBUSTION
60: C-----      STOCHIMETRIQUE
61: C-----YN2 : POIDS MOLECULAIRE DU N2 DANS LES PRODUITS DE COMBUSTION
62: C-----      STOCHIMETRIQUE
63: C-----ASFS : RAPPORT MASSE D'AIR SUR MASSE DE COMBUSTIBLE POUR UNE
64: C-----      COMBUSTION STOCHIMETRIQUE
65: C-----
66: C-----
67: C-----
68:      REAL WMMETH,WMETHA,WMPROP,WMBUTA,WMPENT,WMN2,WMO2,VIMETH,VIETHA,
69:      #VIPROP,VIBUTA,VIPENT,VIN2,VICO2,ZLMETH,ZLETHA,ZLPROP,ZLBUTA,
70:      #ZLPENT
71:      DATA WMMETH/16.04303/,WMETHA/30.07012/,WMPROP/44.09721/,
72:      #WMBUTA/58.1243/,WMPENT/72.15139/,WMN2/28.0134/,WMO2/44.00995/
73:      DATA VIMETH/102.6/,VIETHA/84.8/,VIPROP/75.0/,VIBUTA/48.0/,
74:      #VIPENT/63.0/,VIN2/166.0/,VICO2/139.0/
75:      DATA ZLMETH/21495.0/,ZLETHA/20418.0/,ZLPROP/19937.0/,
76:      #ZLBUTA/19678.0/,ZLPENT/19507.0/
77: C-----
78: C-----PARAMETRES CONSTANTS
79: C-----
80:      RU=1545.31
81:      TS=520.0
82:      PS=2121.98
83:      DAAIRS=0.076487
84:      WMAIR=28.9644
85: C-----
86: C-----IMPRESSION DE L'ENTETE
87: C-----
88:      WRITE(*,100)
89: 100  FORMAT(/,1X,70('*')),/,8X,'PROGRAMME SERVANT A DETERMINER LES
90:      #' PROPRIETES PHYSIQUES',/,11X,'DU GAZ NATUREL A PARTIR DES VA',
91:      #' LEUR DE LA FRACTION',/,22X,'MOLAIRE DE CHAQUE ELEMENTS',
92:      #/,1X,70('*'))
93:      WRITE(*,110)
94: 110  FORMAT(/,4X,'INSCRIRE AU CLAVIER LA VALEUR DE LA FRACTION',
95:      #' MOLAIRE',/,4X,'POUR CHAQUE ELEMENT . LE NOMBRE DOIT ETRE',
96:      #' ENTRE 0.0 ET 1.0',/)
97: C-----
98: C-----LECTURE DES DATAS
99: C-----
100:      WRITE(*,150)
101: 150  FORMAT(4X,'FRACTION MOLAIRE DES CONSTITUANTS :',/,6X,
102:      #' CH4',5X,'C2H6',5X,'C3H8',5X,'C4H10',5X,'C5H12',5X,'N2',5X,'CO2')
103:      READ(*,*) FVMETH,FVETHA,FVPROP,FVBUTA,FVPENT,FVN2,FVCO2
104: C-----
105: C-----CALCUL DU POIDS MOLECULAIRE DU GN
106:      ZMMETH=FVMETH*WMMETH
107:      ZMETHA=FVETHA*WMETHA
108:      ZMPROP=FVPROP*WMPROP
109:      ZMBUTA=FVBUTA*WMBUTA
110:      ZMPENT=FVPENT*WMPENT

```

```

11,1651
111:      ZMN2=FVN2*WMN2
112:      ZMCO2=FVCO2*WMC02
113:      WMGN=ZMMETH+ZMETHA+ZMPROP+ZMBUTA+ZMPENT+ZMN2+ZMCO2
114: C----CONSTANTE DES GAZ POUR LE GN
115:      RGN=RU/WMGN
116: C----DENSITE ABSOLUE ET RELATIVE DU GN A 60 F ET 30 PO. H5
117:      DAGN=PS/(TS*RGN)
118:      DRGN=DAGN/DAAIRS
119: C----VISCOSITE DU GN
120:      VIHAUT=FVMETH*VIMETH*(WMMETH**0.5)+FVETHA*VIETHA*(WMETHA**0.5)+
121:      #FVPROP*VIPROP*(WMPROP**0.5)+FVBUTA*VIBUTA*(WMBUTA**0.5)+FVPENT*
122:      #VIPENT*(WMPENT**0.5)+FVN2*VIN2*(WMN2**0.5)+FVCO2*VICO2*(WMC02
123:      #**0.5)
124:      VIBAS=FVMETH*(WMMETH**0.5)+FVETHA*(WMETHA**0.5)+FVIPROP*(WMPROP
125:      #**0.5)+FVBUTA*(WMBUTA**0.5)+FVPENT*(WMPENT**0.5)+FVN2*(WMN2**
126:      #0.5)+FVCO2*(WMC02**0.5)
127:      VIGNO=VIHAUT/VIBAS
128: C----POUVOIR CALORIFIQUE INFERIEUR DU GN
129:      FMETH=ZMMETH/WMGN
130:      FMETHA=ZMETHA/WMGN
131:      FMPROP=ZMPROP/WMGN
132:      FMBUTA=ZMBUTA/WMGN
133:      FMPENT=ZMPENT/WMGN
134:      FMN2=ZMN2/WMGN
135:      FMCO2=ZMCO2/WMGN
136:      WLMETH=FMETH*ZLMETH
137:      WLETHA=FMETHA*ZLETHA
138:      WLPROP=FMPROP*ZLPROP
139:      WLBUTA=FMBUTA*ZLBUTA
140:      WLPENT=FMPENT*ZLPENT
141:      ZLCV=WLMETH+WLETHA+WLPROP+WLBUTA+WLPENT
142: C----BALANCE DE L'EQUATION DE COMBUSTION
143:      YCO2=FVMETH*1.0+FVETHA*2.0+FVPROP*3.0+FVBUTA*4.0+FVPENT*5.0+
144:      #FVCO2*1.0
145:      YH2O=(FVMETH*4.0+FVETHA*6.0+FVPROP*6.0+FVBUTA*10.0+FVPENT*12.0)+
146:      #/2.0
147:      XO2=(YCO2*2.0+YH2O*1.0-FVCO2*2.0)/2.0
148:      XN2=XO2*3.773
149:      YN2=XN2+FVN2
150: C----RAPPORT ASFS (A/F) POUR UNE COMBUSTION STOICHIOMETRIQUE
151:      ASFS=((XO2+XN2)*WMAIR)/(FVMETH*WMETH+FMETHA*WMETHA+FVPROP*
152:      #WMPROP+FVBUTA*WMBUTA+FVPENT*WMPENT+FVN2*WMN2+FVCO2*WMC02)
153: C----
154: C----IMPRESSION DES RESULTATS
155: C----
156:      WRITE(*,200)
157: 200  FORMAT(/,1X,70(' '),///,23X,'IMPRESSION DES RESULTATS')
158:      WRITE(*,210)
159: 210  FORMAT(/,1X,'ELEMENT',2X,'WM####',3X,'FV####',3X,'VI####',3X,
160:      #'ZL####',3X,'ZM####',3X,'FM####',3X,'WL####',/,1X,70(' '))
161:      WRITE(*,220) WMMETH,FVMETH,VIMETH,ZLMETH,ZMMETH,FMETH,WLMETH,
162: 220  FORMAT(/,2X,'CH4',5X,F6.3,2X,F6.4,4X,F5.1,4X,F7.1,2X,F6.3,2X,
163:      #F7.5,3X,F7.1)
164:      WRITE(*,230) WMETHA,FVETHA,VIETHA,ZLETHA,ZMETHA,FMETHA,WLETHA,
165: 230  FORMAT(2X,'C2H6',4X,F6.3,2X,F6.4,4X,F5.1,4X,F7.1,2X,F6.3,

```

```

35,2211
166:      #2X,F7.5,3X,F7.1)
167:      WRITE(*,240) WMFROP,FVFROP,VIFROP,ZLFROP,ZMFROP,FMPROP,WLFROP
168: 240    FORMAT(2X,'C3H8',4X,F6.3,2X,F6.4,4X,F5.1,4X,F7.1,2X,F6.3,
169:      #2X,F7.5,3X,F7.1)
170:      WRITE(*,250) WMBUTA,FVBUTA,VIBUTA,ZLBUTA,ZMBUTA,FMBUTA,WLBUTA
171: 250    FORMAT(2X,'C4H10',3X,F6.3,2X,F6.4,4X,F5.1,4X,F7.1,2X,F6.3,
172:      #2X,F7.5,3X,F7.1)
173:      WRITE(*,260) WMPENT,FVPENT,VIPENT,ZLPENT,ZMPENT,FMPENT,WLPENT
174: 260    FORMAT(2X,'C5H12',3X,F6.3,2X,F6.4,4X,F5.1,4X,F7.1,2X,F6.3,
175:      #2X,F7.5,3X,F7.1)
176:      WRITE(*,270) WMN2,FVN2,VIN2,ZLN2,ZMN2,FMN2,WLN2
177: 270    FORMAT(2X,'N2',6X,F6.3,2X,F6.4,4X,F5.1,4X,F7.1,2X,F6.3,
178:      #2X,F7.5,3X,F7.1)
179:      WRITE(*,280) WMCO2,FVCO2,VICO2,ZLCO2,ZMCO2,FMCO2,WLCO2
180: 280    FORMAT(2X,'CO2',5X,F6.3,2X,F6.4,4X,F5.1,4X,F7.1,2X,F6.3,
181:      #2X,F7.5,3X,F7.1)
182:      WRITE(*,300) WMGN,RGN,DAGN,DRGN,VIGNO,ZLCV
183: 300    FORMAT(///,2X,'POIDS MOLECULAIRE DU GN (LB.M/LB.MOLE) : ',F7.3,
184:      #/,2X,'CONSTANTE DES GAZ POUR LE GN (LB.F*PI/LB.M*R) : ',F8.3,/,
185:      #2X,'DENSITE ABSOLUE DU GN (LB.M/PI3) : ',F7.5,/,
186:      #2X,'DENSITE RELATIVE DU GN (A 60 F , 30 PO. HG.) : ',F6.4,/,2X,
187:      #,'VISCOSITE DYNAMIQUE DU GN A 0 C (MICROPOISE) : ',F6.1,/,2X,
188:      #,'POUVOIR CALORIFIQUE INFERIEUR DU GN (BTU/LB.H) : ',F7.1)
189:      WRITE(*,400) XO2,XN2,YCO2,YH2O,YN2,ASFS
190: 400    FORMAT(//,2X,'BALANCE DE L'EQUATION DE COMBUSTION ',//,2X,
191:      #,'XO2 : ',F7.5,5X,'XN2 : ',F8.5,/,6X,'YCO2 : ',F7.5,4X,
192:      #,'YH2O : ',F7.5,4X,'YN2 : ',F8.5,///,2X,'RAPPORT (A/F) STECHIO. : ',
193:      #,F7.3,/,1X,70('*'))
194:      STOP
195:      END

```

551

```
1: *C012345678901234567890123456789012345678901234567890123456789
2: C----
3: C*****
4: C----
5: C-----
6: C----
7: C----PROGRAMME FORTRAN-77 SERVANT A TRAITER LES DONNEES REQUEILLIES SUR
8: C----LE MOTEUR RICARDO LORSQU'IL FONCTIONNE COMME MOTEUR A ESSENCE ,
9: C----COUPLE AU DYNAMOMETRE ELECTRIQUE ET EQUIPE D'UN MELANGEUR
10: C----
11: C----SYSTEME D'UNITE POUR LES RESULTATS : INTERNATIONAL
12: C----
13: C----LES DATAS SONT DANS LE FICHIER : ' RICAR03D.D## '
14: C----LA SORTIE DES RESULTATS SE FAIT A L'ECRAN (OU IMPRIMANTE)
15: C----
16: C----DERNIERE MODIFICATION : 15-10-1985
17: C----
18: C*****
19: C----
20: C-----
21: C-----
22: C----
23: C----ALLUM      : AVANCE D'ALLUMAGE (DEGRES)
24: C----ASF      : RAPPORT MASSIQUE AIR SUR COMBUSTIBLE REEL
25: C----ASFMS     : RAPPORT MASSIQUE AIR SUR COMBUSTIBLE STOECHIMETRIQUE
26: C----BLEVI     : LONGUEUR DU BRAS DE LEVIER DU DYNAMOMETRE (PI)
27: C----BHP      : PUISSANCE AU FREIN (HP) OU (KWATT)
28: C----PB       : PRESSION BAROMETRIQUE (PO. HG)
29: C----PBI      : PRESSION BAROMETRIQUE (CM HG)
30: C----PBS      : PRESSION BAROMETRIQUE STANDARD (PO. HG)
31: C----CCM 1-2-3 : FACTEURS DE CORRECTION POUR LA PENTE DU MANO. ALCOCK
32: C----CM       : FACTEUR DE CALIBRATION TOTAL DU DEBITMETRE ALCOCK
33: C----COURSE   : COURSE DU PISTON (PI)
34: C----COUPLE   : COUPLE APPLIQUE AU DYNAMOMETRE (LI-PI) OU (N-M)
35: C----CT       : FACTEUR DE CORRECTION POUR LA TEMPERATURE DE L'AIR
36: C----CV       : FACTEUR DE CALIBRATION VOLUMETRIQUE DU DEBITMETRE
37: C----         : ALCOCK (1.0 PI3/MIN = 2.70 CM. H2O)
38: C----CW       : FACTEUR DE CORRECTION DU MANO. ALCOCK POUR LA PENTE
39: C----         : ET DE LA DENSITE DU LIQUIDE (CM. H2O/CM. MANO)
40: C----DAIR3    : DENSITE DE L'AIR REEL AU POINT 3 (LB/PI3)
41: C----DAIRR    : DENSITE DE L'AIR REEL ATMOSPHERIQUE (LB/PI3)
42: C----DAIRRI   : DENSITE DE L'AIR REEL ATMOSPHERIQUE (KG/M3)
43: C----DAIRS    : DENSITE DE L'AIR STANDARD 85 F ET 29.38 PO HG (LB. PI3)
44: C----DIAP     : DIAMETRE DU PISTON (PI)
45: C----DMALC    : DENSITE RELATIVE DU LIQUIDE DANS MANOMETRE ALCOCK
46: C----DP12     : DIFFERENTIEL DE PRESSION ENTRE LES POINTS 1 ET 2
47: C----         : (PO. H2O) OU (CM H2O)
48: C----DP35     : DIFFERENTIEL DE PRESSION ENTRE LES POINTS 3 ET 5
49: C----         : (PO H2O) OU (CM H2O)
50: C----DP4A     : PRESSION STATIQUE AU POINT 4 (PO. H2O) OU (CM H2O)
51: C----DRFUEL   : DENSITE RELATIVE DU CARBURANT
52: C----FC35     : FACTEUR DE CONVERSION POUR LE MANOMETRE ENTRE 3 ET 5
53: C----H12      : LECTURE MANOMETRIQUE ENTRE LES POINTS 1 ET 2
54: C----H35      : LECTURE MANOMETRIQUE ENTRE LES POINTS 3 ET 5
55: C----H4A      : LECTURE MANOMETRIQUE ENTRE LE POINT 4 ET L'ATHOSP.
```

0,1111

```

56: C----IALLUM      : NOMBRE D'AVANCE D'ALLUMAGE
57: C----IDATEJ-M-A : DATE OU L'ESSAI A ETE EFFECTUE (JOUR-MOIS-ANNEE)
58: C----IESSAI      : NOMBRE D'ESSAIS
59: C----IMAN12      : TYPE DE MANOMETRE ENTRE LES POINTS 1 ET 2
60: C-----          : 1 = ALCOCK ; 2 = SCHEAVITZ (10 PO H2O)
61: C----IPA         : PENTE DU MANOMETRE ALCOCK
62: C-----          : 1 = BASSE 2 = MOYENNE 3 = HAUTE 4 = TRES HAUTE
63: C----IPAPIL      : NOMBRE D'OUVERTURES DE PAPILLON
64: C----IRPM        : NOMBRE DE VITESSES
65: C----IRPRES      : NOMBRE DE TAUX DE COMPRESSION
66: C----IT          : CRITERE POUR LES TEMPERATURES LUES
67: C-----          : IT = 1 => CELSIUS ; IT = 2 => MVOLT
68: C----PPV         : PRESSION PARTIELLE DE VAPEUR D'EAU DANS L'AIR REEL
69: C-----          : (PO. HG)
70: C----PPVSW       : PRESSION PARTIELLE DE LA VAPEUR D'EAU SATUREE A
71: C-----          : TWB (PO. HG)
72: C----QA3         : DEBIT MASSIQUE D'AIR REEL AU POINT 3 (LB/MIN) (GR/SEC)
73: C----QFUEL        : DEBIT MASSIQUE DE COMBUSTIBLE (LB/MIN) OU (GR/SEC)
74: C----RPM         : VITESSE DE ROTATION DU MOTEUR (RPM)
75: C----RPRES       : RAPPORT DE PRESSION DANS LE CYLINDRE
76: C----RTHB        : RENDEMENT THERMIQUE AU FREIN (%)
77: C----RVREEL      : RENDEMENT VOLUMETRIQUE D'AIR REEL (%)
78: C----RVSTD       : RENDEMENT VOLUMETRIQUE D'AIR STANDARD (%)
79: C----SFC         : CONSOMMATION SPECIFIQUE DE CARBURANT
80: C-----          : (LB FUEL/BHP/HRE) OU (GR FUEL/KWH)
81: C----T3C         : TEMPERATURE AU POINT 3 (C)
82: C----T3F         : TEMPERATURE AU POINT 3 (F)
83: C----T3K         : TEMPERATURE AU POINT 3 (K)
84: C----T3V         : TEMPERATURE AU POINT 3 (MVOLT)
85: C----TDBC        : TEMPERATURE SECHE DE L'AIR AMBIANT (C)
86: C----TDBF        : TEMPERATURE SECHE DE L'AIR AMBIANT (F)
87: C----TDBCS       : TEMPERATURE SECHE DE L'AIR STANDARD (C)
88: C----TDBFS       : TEMPERATURE SECHE DE L'AIR STANDARD (F)
89: C----TEMPS       : TEMPS POUR CONSOMMER DEBIT FIXE DE CARBURANT (MIN)
90: C----TWBC        : TEMPERATURE HUMIDE DE L'AIR AMBIANT (C)
91: C----TWBF        : TEMPERATURE HUMIDE DE L'AIR AMBIANT (F)
92: C----VA3         : DEBIT VOLUMETRIQUE D'AIR REEL AU POINT 3 (CFM)
93: C----VAS3        : DEBIT VOLUMETRIQUE D'AIR STANDARD AU POINT 3
94: C-----          : (SCFM) OU (LITRE/SEC)
95: C----VDEPLA      : DEBIT VOLUMETRIQUE DE DEPLACEMENT DU PISTON (CFM)
96: C----VFUEL       : DEBIT VOLUMETRIQUE DE COMBUSTIBLE (CFM)
97: C----VOFUEL      : VOLUME DE COMBUSTIBLE CONSOMME PENDANT 'TEMPS' (ML)
98: C----WDYN        : CHARGE APPLIQUEE AU DYNAMOMETRE (LB)
99: C----ZLAMDA      : RAPPORT MASSIQUE AIR - COMBUSTIBLE REEL SUR
100: C-----          : AIR - COMBUSTIBLE STOECHIMETRIQUE
101: C----ZLCV       : POUVOIR CALORIFIQUE INFERIEUR DU COMBUSTIBLE
102: C-----          : (BTU/LBM) OU (KJ/KGR)
103: C-----
104: C-----
105: C-----
106: CHARACTER*2 COMP
107: INTEGER*2 CTRL
108: EQUIVALENCE (CTRL,COMP)
109: DATA CTRL/16#1BOF/
110: OPEN(6,FILE='LPT1:')
111: WRITE(6,6) COMP

```

```

2,1671
112: 6      FORMAT(' ',A2,' ')
113: C----
114:      OPEN(1,FILE='RICARDO3D.D##')
115: C----
116: C-----IMPRESSION DE L'ENTETE
117: C----
118:      WRITE(*,100)
119: 100      FORMAT(/,1X,71('*'),/,10X,'RESULTATS EXPERIMENTAUX OBTENUS SUR'
120: #,' LE MOTEUR RICARDO',/,19X,'FONCTIONNANT A L'ESSENCE',/,10X,
121: # 'SYSTEME D'UNITE POUR LES RESULTATS : INTERNATIONAL ',/,
122: #1X,71('*'))
123: C----
124: C-----INITIALISATION DES CONSTANTES
125: C----
126:      PI=3.14159
127:      BLEVI=1.5
128:      DIAP=0.25
129:      COURSE=0.365
130:      TDBCS=29.4
131:      TDBFS=85.0
132:      PBS=29.38
133:      DAIRS=0.0705
134:      DMALC=0.826
135: C----
136: C-----          *** BOUCLE PRINCIPALE ***
137: C----
138:      READ(1,*) IESSAI
139:      DO 400 I1=1,IESSAI
140: C----
141: C-----LECTURE DES DONNEES CONSTANTES POUR UN ESSAI
142: C----
143:      READ(1,*) IDATEJ,IDATEM,IDATEA
144:      READ(1,*) PB,TDBC,TWBC
145:      READ(1,*) ASFMS,DRFUEL
146:      READ(1,*) FC12,FC35,FC4A,IMAN12,IPA,IT
147:      TWBF=(TDBC*1.8)+32.0
148:      TWBF=(TWBC*1.8)+32.0
149: C----
150: C-----CALCUL DE LA DENSITE DE L'AIR REEL
151: C----
152:      IF (TWBF.GT.-40.0.AND.TWBF.LT.30.0) GO TO 163
153:      IF (TWBF.GE.30.0.AND.TWBF.LT.115.0) GO TO 164
154:      IF (TWBF.GE.115.0.AND.TWBF.LE.200.0) GO TO 165
155:      WRITE(*,162)
156: 162      FORMAT(/,1X,'VERIFIEZ LA VALEUR DE TWBC !!!')
157:      GO TO 400
158: 163      CONTINUE
159:      PPVSW=0.0375981815+0.00195935718*(TWBF)+0.0000481247116*(TWBF**2)
160:      #+0.000000741650751*(TWBF**3)+0.0000000059164087*(TWBF**4)
161:      GO TO 167
162: 164      CONTINUE
163:      PPVSW=0.0776926279-0.00107504055*(TWBF)+0.000153688461*(TWBF**2)
164:      #-0.00000115251623*(TWBF**3)+0.000000015806414*(TWBF**4)
165:      GO TO 167
166: 165      CONTINUE
167:      PPVSW=2.47299194-0.0863586068*(TWBF)+0.00130903270*(TWBF**2)

```

```

58,2231
168:      #-0.00000822548554*(TWBF**3)+0.0000000323314708*(TWBF**4)
169: 167    CONTINUE
170:      PPV=PPVSW-((PB*(TDBF-TWBF))/2700.0)
171:      DAIRR=(PB-0.378*PPV)/(0.754*(TDBF+459.7))
172: C-----
173: C-----CALCUL DU POUVOIR CALORIFIQUE DU COMBUSTIBLE
174: C-----
175:      ZLCV=10.0*(4486.11719-90.4630585*(DRFUEL*100.0)+1.08195496*((100.
176:      #0*DRFUEL)**2)-0.00451870635*((100.0*DRFUEL)**3))
177: C-----
178: C-----
179: C-----      *** BOUCLE SECONDAIRE ***
180:      READ(1,*) IRPRES
181:      DO 300 I2=1,IRPRES
182:          READ(1,*) RPRES
183:          READ(1,*) IRPM
184:          FBI=PB*2.54
185:          DAIRRI=DAIRR*16.02
186:          ZLCVI=ZLCV*2.326
187:          WRITE(*,170) IDATEJ,IDATEM,IDATEA,FBI,TDBC,TWBC,DAIRRI,RPRES,
188:          #DRFUEL,ZLCVI
189: 170    FORMAT(///,1X,'DATE = ',3(I2,1X),/,1X,'PB (CM HG) = ',F5.2,3X,
190:          #'TDBC (C) = ',F4.1,3X,'TWBC (C) = ',F4.1,3X,'DAIRR (KG/MS) = ',
191:          #F7.5,/,1X,'RPRES = ',F4.1,3X,'DRFUEL = ',F5.3,3X,
192:          #'ZLCV (KJ/KGR) = ',F7.1,/)
193:          DO 290 I3=1,IRPM
194:              READ(1,*) RPM
195:              WRITE(*,175)
196: 175    FORMAT(/,1X,'RPM',6X,'PAPIL',2X,'ALLUM',3X,'DP35',3X,
197:          #'DP4A',3X,'VAS3',5X,'QA3',3X,'QFUEL',3X,'RVSTD',2X,
198:          #'COUPLE',4X,'BHP',6X,'SFC',3X,'RTHB',4X,'ABFM',4X,
199:          #'ZLMDA',/,1X,126(' '),/)
200:          VDEPLA=(PI/4.0)*(DIAP**2)*COURSE*RPM/2.0
201:          READ(1,*) IPAPIL
202:          DO 280 I4=1,IPAPIL
203:              READ(1,*) PAPIL,IALLUM
204:              DO 270 I5=1,IALLUM
205:                  IF (IT.EQ.2) GO TO 177
206:                  READ(1,*) ALLUM,WDYN,H12,H35,H4A,T3C,VDFUEL,TEMPS
207:                  GO TO 178
208: 177    CONTINUE
209:                  READ(1,*) ALLUM,WDYN,H12,H35,H4A,T3V,VDFUEL,TEMPS
210: C-----CALCUL DES TEMPERATURES
211:          T3C=-0.0279035307+25.9293518*T3V-0.730079651*
212:          # (T3V**2)+0.0341242403*(T3V**3)
213: 178    CONTINUE
214:          T3F=(T3C*1.8)+32.2
215:          T3K=T3C+273.0
216: C-----CALCUL DES DEBITS D'AIR ET DE COMBUSTIBLE
217:          DP35=H35*FC35
218:          DP4A=H4A*FC4A
219:          IF (IMAN12.NE.1) GO TO 180
220:          CALL ALCOCK(T3C,DMALC,IPA,CW,CM,CT)
221:          DP12=H12*CW/2.54
222:          GO TO 182
223: 180    CONTINUE
4,2791

```

```

224:      CALL SCHE10(T3C,CW,CM,CT)
225:      DP12=H12*2.0
226: 102    CONTINUE
227:      DAIR3=DAIRR*(TDBF+459.7)/(T3F+459.7)
228:      VA3=CM*H12
229:      QA3=VA3*DAIR3
230:      VAS3=VA3*((TDBFS+459.7)/(T3F+459.7))*((PB-(DP12/13.6
231:      #    ))/PBS)
232:      VFUEL=VDFUEL/(28316.0*TEMP5)
233:      QFUEL=62.4*DRFUEL*VFUEL
234: C-----CALCUL DE LA PUISSANCE DES RENDEMENTS ET DES CONSOMMATIONS
235:      BHP=WDYN*BLEVI*2*PI*RPM/33000.0
236:      COUPLE=WDYN*BLEVI
237:      RVREEL=100.0*VA3/VDEPLA
238:      RVSTD=100.0*VAS3/VDEPLA
239:      SFC=(60.0*QFUEL)/BHP
240:      RTHB=100.0*(33000.0*BHP)/(778.0*ZLCV*QFUEL)
241:      ASFM=QA3/QFUEL
242:      ZLAMDA=ASFM/ASFMS
243:      DP35=DP35*2.54
244:      DP4A=DP4A*2.54
245:      VAS3=VAS3*0.4719
246:      QA3=QA3*7.55987
247:      QFUEL=QFUEL*7.55987
248:      COUPLE=COUPLE*1.3558
249:      BHP=BHP*0.7457
250:      SFC=SFC*338.02
251: C-----IMPRESSION DES RESULTATS
252:      WRITE(*,200) RPM,PAPIL,ALLUM,DP35,DP4A,VAS3,QA3,QFUEL,
253:      #    RVSTD,COUPLE,BHP,SFC,RTHB,ASFM,ZLAMDA
254: 200    FORMAT(1X,F5.0,3X,F6.2,1X,F6.2,3(1X,F6.2),2(2X,F6.3),
255:      #    2X,F6.2,2X,F6.2,2X,F6.2,3X,F5.1,2X,F6.2,2X,F6.2,2X,F6.2)
256: 270    CONTINUE
257: 280    CONTINUE
258: 290    CONTINUE
259: 300    CONTINUE
260: 400    CONTINUE
261:      STOP
262:      END
263: C---
264: C---
265: C---
266: C-----SOUS-PROGRAMME 'ALCOCK'
267: C---
268:      SUBROUTINE ALCOCK(T1,DMAND1,IPA,CW,CM,CT)
269: C---
270: C-----CALCUL DU FACTEUR DE CORRECTION POUR LA TEMPERATURE : CT
271: C---
272:      CT=1.05825901-0.00304042059*(T1)+0.00000876580829*(T1**2)
273:      #-0.00000000113603491*(T1**3)
274: C---
275: C-----CALCUL DU FACTEUR DE CORRECTION POUR LA PENTE ET LA DENSIRE DU
276: C-----LIQUIDE DU MANOMETRE : CW
277: C---
278:      CV=2.90
279:      IF(IPA.EQ.2) CCM=0.141

```

```

30,3351
280:      IF(IPA.EQ.3) CCM=0.294
281:      IF(IPA.EQ.4) CCM=0.560
282:      CW=CCM*(DMAND1/0.82)
283: C----
284: C-----CALCUL DU FACTEUR DE CORRECTION TOTAL DU DEBITMETRE : CM
285: C----
286:      CM=CV*CW*CT
287:      RETURN
288:      END
289: C----
290: C-----
291: C----
292: C-----SOUS-PROGRAMME : 'SCHE10 '
293: C----
294:      SUBROUTINE SCHE10(T3D,CW,CM,CT)
295: C----
296: C-----CALCUL DU FACTEUR DE CORRECTION POUR LA TEMPERATURE : CT
297: C----
298:      CT=1.05825901-0.00304042059*(T1)+0.00000896880829*(T1**2)
299:      #-0.00000000113603491*(T1**3)
300: C-----FACTEURS : CV , CW , CM
301:      CV=2.90
302:      CW=2.54*2.0
303:      CM=CV*CW*CT
304:      RETURN
305:      END
306: C----
307: C-----

```

```

1: *C012345678901234567890123456789012345678901234567890123456789
2: C----
3: C*****
4: C----
5: C-----
6: C----
7: C-----PROGRAMME FORTRAN-77 SERVANT A TRAITER LES DONNEES RECUEILLIES
8: C-----SUR LE MOTEUR RICARDO LORSQU'IL FONCTIONNE COMME MOTEUR AU GAZ
9: C-----NATUREL COUPLE AU DYNAMOMETRE ELECTRIQUE ET EQUIPE D'UN MELANGEUR
10: C----
11: C-----SYSTEME D'UNITES POUR LES RESULTATS : INTERNATIONAL (SI)
12: C----
13: C-----LES DATAS SONT DANS LE FICHIER : ' RICAR04D.D## '
14: C-----LA SORTIE DES RESULTATS SE FAIT A L'ECRAN (OU IMPRIMANTE)
15: C----
16: C-----DERNIERE MODIFICATION : 15-10-1985
17: C----
18: C*****
19: C----
20: C-----
21: C-----
22: C----
23: C-----ALLUM      : AVANCE D'ALLUMAGE (DEGRES)
24: C-----ASFMS     : RAPPORT MASSIQUE AIR SUR COMBUSTIBLE REEL
25: C-----ASFMS     : RAPPORT MASSIQUE AIR SUR COMBUSTIBLE STOECHEIOMETRIQUE
26: C-----BLEVI      : LONGUEUR DU BRAS DE LEVIER DU DYNAMOMETRE (PI)
27: C-----BHP        : PUISSANCE AU FREIN (HP) OU (KWATT)
28: C-----PB         : PRESSION BAROMETRIQUE (PO. HG) OU (CM HG)
29: C-----PBS        : PRESSION BAROMETRIQUE STANDARD (PO. HG)
30: C-----CCM 1-2-3  : FACTEURS DE CORRECTION POUR LA PENTE DU MANG. ALCOCK
31: C-----CM         : FACTEUR DE CALIBRATION TOTAL DU DEBITMETRE ALCOCK
32: C-----COURSE     : COURSE DU PISTON (PI)
33: C-----COUPLE     : COUPLE APPLIQUE AU DYNAMOMETRE (LI-PI) OU (N M)
34: C-----CT         : FACTEUR DE CORRECTION POUR LA TEMPERATURE DE L'AIR
35: C-----CV         : FACTEUR DE CALIBRATION VOLUMETRIQUE DU DEBITMETRE
36: C-----           : ALCOCK (1.0 PI3/MIN = 2.90 CM. H2O)
37: C-----CW         : FACTEUR DE CORRECTION DU MANG. ALCOCK POUR LA PENTE
38: C-----           : ET LA DENSITE DU LIQUIDE (CM. H2O/CM. MANG)
39: C-----DAIR3      : DENSITE DE L'AIR REEL AU POINT 3 (LB/PI3)
40: C-----DAIRR      : DENSITE DE L'AIR REEL ATMOSPHERIQUE (LB/PI3) (KG/M3)
41: C-----DAIRS      : DENSITE DE L'AIR STANDARD 85 F ET 29.30 PO HG (LB/PI3)
42: C-----DA6030     : DENSITE DE L'AIR SEC A 60 F ET 30 PO HG (LB/PI3)
43: C-----DGN10      : DENSITE REELLE DU GAZ NATUREL AU POINT 10 (LB/PI3)
44: C-----DIAP       : DIAMETRE DU PISTON (PI)
45: C-----DMALC      : DENSITE RELATIVE DU LIQUIDE DANS MANOMETRE ALCOCK
46: C-----DP12       : DIFFERENTIEL DE PRESSION ENTRE LES POINTS 1 ET 2
47: C-----           : (PO. H2O)
48: C-----DP35       : DIFFERENTIEL DE PRESSION ENTRE LES POINTS 3 ET 5
49: C-----           : (PO H2O) OU (CM H2O)
50: C-----DP4A       : DIFF. DE PRESSION ENTRE POINT 4 ET ATMOSPH. (PO H2O)
51: C-----DP89       : DIFFERENTIEL DE PRESSION ENTRE LES POINTS 8 ET 9
52: C-----           : (PO H2O)
53: C-----DPOA       : DIFF. DE PRESSION ENTRE POINT 8 ET ATMOSPH. (PO H2O)
54: C-----DRGN       : DENSITE RELATIVE DU GAZ NATUREL
55: C-----FC35       : FACTEUR DE CONVERSION POUR LE MANOMETRE ENTRE 3 ET 5

```

56:	C-----H12	: LECTURE MANOMETRIQUE ENTRE LES POINTS 1 ET 2
57:	C-----H35	: LECTURE MANOMETRIQUE ENTRE LES POINTS 3 ET 5
58:	C-----H4A	: LECTURE MANOMETRIQUE ENTRE LE POINT 4 ET L'ATMOSPHERE
59:	C-----H89	: LECTURE MANOMETRIQUE ENTRE LES POINTS 8 ET 9
60:	C-----H8A	: LECTURE MANOMETRIQUE ENTRE LE POINT 8 ET L'ATMOSPH.
61:	C-----IALLUM	: NOMBRE D'AVANCE D'ALLUMAGE
62:	C-----IDATEJ-M-A	: DATE OU L'ESSAI A ETE EFFECTUE (JOUR-MOIS-ANNEE)
63:	C-----IESSAI	: NOMBRE D'ESSAIS
64:	C-----IMAN12	: TYPE DE MANOMETRE ENTRE LES POINTS 1 ET 2
65:	C-----	1 = ALCOCK ; 2 = SCHEAVITZ (10 PO H2O)
66:	C-----IPA	: PENTE DU MANOMETRE ALCOCK
67:	C-----	1 = BASSE 2 = MOYENNE 3 = HAUTE 4 = TRES HAUTE
68:	C-----IPAPIL	: NOMBRE D'OUVERTURES DE PAPILLON
69:	C-----IRPM	: NOMBRE DE VITESSES
70:	C-----IRPRES	: NOMBRE DE TAUX DE COMPRESSION
71:	C-----IT	: CRITERE POUR LA LECTURE DES TEMPERATURES
72:	C-----	IT = 1 => CELCIUS ; IT = 2 => MVOLT
73:	C-----PPV	: PRESSION PARTIELLE DE VAPEUR D'EAU DANS L'AIR REEL
74:	C-----	(PO. HG)
75:	C-----PPVSW	: PRESSION PARTIELLE DE LA VAPEUR D'EAU SATUREE A
76:	C-----	TWBF (PO. HG)
77:	C-----QA3	: DEBIT MASSIQUE D'AIR AU POINT 3 (LB/MIN) OU (GR/SEC)
78:	C-----QGN10	: DEBIT MASSIQUE DE GN AU POINT 10 (LB/MIN) OU (GR/SEC)
79:	C-----RPM	: VITESSE DE ROTATION DU MOTEUR (RPM)
80:	C-----RPRES	: RAPPORT DE PRESSION DANS LE CYLINDRE
81:	C-----RTHB	: RENDEMENT THERMIQUE AU FREIN (%)
82:	C-----RVAR	: RENDEMENT VOLUMETRIQUE D'AIR REEL (%)
83:	C-----RVASTD	: RENDEMENT VOLUMETRIQUE D'AIR STANDARD (%)
84:	C-----RVMR	: RENDEMENT VOLUMETRIQUE DU MELANGE REEL (%)
85:	C-----RVMSTD	: RENDEMENT VOLUMETRIQUE DU MELANGE STANDARD (%)
86:	C-----SFC	: CONSOMMATION SPECIFIQUE DE CARBURANT
87:	C-----	(LB COMBUSTIBLE/BHP/HRE) OU (GR COMB./KWH)
88:	C-----T3C	: TEMPERATURE AU POINT 3 (C)
89:	C-----T3F	: TEMPERATURE AU POINT 3 (F)
90:	C-----T3K	: TEMPERATURE AU POINT 3 (K)
91:	C-----T3V	: TEMPERATURE AU POINT 3 (MVOLT)
92:	C-----TDBC	: TEMPERATURE SECHE DE L'AIR AMBIANT (C)
93:	C-----TDBF	: TEMPERATURE SECHE DE L'AIR AMBIANT (F)
94:	C-----TDBCS	: TEMPERATURE SECHE DE L'AIR STANDARD (C)
95:	C-----TDBFS	: TEMPERATURE SECHE DE L'AIR STANDARD (F)
96:	C-----TWBC	: TEMPERATURE HUMIDE DE L'AIR AMBIANT (C)
97:	C-----TWBF	: TEMPERATURE HUMIDE DE L'AIR AMBIANT (F)
98:	C-----VA3	: DEBIT VOLUMETRIQUE D'AIR REEL AU POINT 3 (CFM)
99:	C-----VGN10	: DEBIT VOLUMETRIQUE DE GN AU POINT 10 (CFM)
100:	C-----VAS3	: DEBIT VOLUMETRIQUE D'AIR STANDARD AU POINT 3
101:	C-----	(SCFM) OU (LITRE/SEC)
102:	C-----VGN10S	: DEBIT VOLUMETRIQUE STANDARD DE GN AU POINT 10
103:	C-----	(SCFM) OU (LITRE/SEC)
104:	C-----VDEPLA	: DEBIT VOLUMETRIQUE DE DEPLACEMENT DU PISTON (CFM)
105:	C-----VMS	: DEBIT VOLUMETRIQUE DU MELANGE AU POINT 5 (CFM)
106:	C-----VMS5	: DEBIT VOLUMETRIQUE DU MELANGE STANDARD EN 5 (CFM)
107:	C-----VLFE	: DEBIT VOLUMETRIQUE DU LFE AUX CONDITIONS MERIAM (CFM)
108:	C-----WDYN	: CHARGE APPLIQUEE AU DYNAMOMETRE (LB)
109:	C-----ZLAMDA	: RAPPORT MASSIQUE AIR - COMBUSTIBLE REEL SUR
110:	C-----	AIR - COMBUSTIBLE STOECHIMETRIQUE
111:	C-----ZLCV	: POUVOIR CALORIFIQUE INFERIEUR DU COMBUST. (BTU/LBM)

```

12,1671
112: C-----          DU (KJ/KGR)
113: C-----
114: C-----
115: C-----
116:      CHARACTER*2 COMP
117:      INTEGER*2 CTRL
118:      EQUIVALENCE (CTRL,COMP)
119:      DATA CTRL/16#1BOF/
120:      OPEN(6,FILE='LPT1:')
121:      WRITE(6,6) COMP
122: 6      FORMAT(' ',A2,' ')
123:      OPEN(1,FILE='RICARO4D.D##')
124: C-----
125: C-----IMPRESSION DE L'ENTETE
126: C-----
127:      WRITE(*,100)
128: 100    FORMAT(//,1X,71('*'),//,10X,'RESULTATS EXPERIMENTAUX OBTENUS SUR'
129: #,' LE MOTEUR RICARDO',/,19X,'FONCTIONNANT AU GAZ NATUREL',/,10X,
130: # 'SYSTEME D'UNITE POUR LES RESULTATS : INTERNATIONAL',//,
131: #1X,71('*'))
132: C-----
133: C-----INITIALISATION DES CONSTANTES
134: C-----
135:      PI=3.14159
136:      BLEVI=1.5
137:      DIAP=0.25
138:      COURSE=0.365
139:      TDBCS=29.4
140:      TDBFS=85.0
141:      PBS=29.38
142:      DAIRS=0.0705
143:      DA6030=0.07656
144:      DMALC=0.826
145: C-----
146: C-----          *** BOUCLE PRINCIPALE ***
147: C-----
148:      READ(1,*) IESSAI
149:      DO 400 I1=1,IESSAI
150: C-----
151: C-----LECTURE DES DONNEES CONSTANTES POUR UN ESSAI
152: C-----
153:      READ(1,*) IDATEJ,IDATEM,IDATEA
154:      READ(1,*) PB,TDBC,TWBC
155:      READ(1,*) DRGN,ZLCV,ASFMS
156:      READ(1,*) FC12,FC35,FC4A,FC89,FC9A,IMAN12,IPA,IT
157:      TWBF=(TDBC*1.8)+32.0
158:      TWBF=(TWBC*1.8)+32.0
159: C-----
160: C-----CALCUL DE LA DENSITE DE L'AIR REEL
161: C-----
162:      IF(TWBF.GT.-40.0.AND.TWBF.LT.30.0) GO TO 163
163:      IF(TWBF.GE.30.0.AND.TWBF.LT.115.0) GO TO 164
164:      IF(TWBF.GE.115.0.AND.TWBF.LE.200.0) GO TO 165
165:      WRITE(*,162)
166: 162    FORMAT(//,1X,'VERIFIEZ LA VALEUR DE TWBC !!!')
167:      GO TO 400

```

```

58,2231
168: 163 CONTINUE
169: PPVSW=0.0375981815+0.00195935718*(TWBF)+0.0000481247116*(TWBF**2)
170: #+0.000000741650751*(TWBF**3)+0.0000000059164087*(TWBF**4)
171: GO TO 167
172: 164 CONTINUE
173: PPVSW=0.0776926279-0.00107504055*(TWBF)+0.000153688461*(TWBF**2)
174: #-0.00000115251623*(TWBF**3)+0.000000015806414*(TWBF**4)
175: GO TO 167
176: 165 CONTINUE
177: PPVSW=2.47299194-0.0863586068*(TWBF)+0.00130903278*(TWBF**2)
178: #-0.00000822548554*(TWBF**3)+0.0000000323314708*(TWBF**4)
179: 167 CONTINUE
180: PPV=PPVSW-((PB*(TDBF-TWBF))/2700.0)
181: DAIRR=(PB-0.378*PPV)/(0.754*(TDBF+459.7))
182: C----
183: C-----
184: C----
185: READ(1,*) IRPRES
186: DO 300 I2=1,IRPRES
187: READ(1,*) RPRES
188: READ(1,*) IRPM
189: FBI=PB*2.54
190: DAIRRI=DAIRR*16.02
191: ZLCVI=ZLCV*2.326
192: WRITE(*,170) IDATEJ, IDATEM, IDATEA, FBI, TDBC, TWBC, DAIRRI, RPRES,
193: #DRGN, ZLCVI
194: 170 FORMAT(///,1X,'DATE = ',3(I2,1X),/,1X,'PB (CM HG) = ',F5.2,3X,
195: #TDBC (C) = ',F4.1,3X,'TWBC (C) = ',F4.1,3X,'DAIRR (KG/M3) = ',
196: #F7.5,/,1X,'RPRES = ',F4.1,3X,'DRGN = ',F5.3,3X,
197: #ZLCV (KJ/KGR) = ',F7.1,/)
198: DO 290 I3=1,IRPM
199: READ(1,*) RPM
200: WRITE(*,175)
201: 175 FORMAT(//,1X,'RPM',6X,'PAPIL',2X,'ALLUM',
202: # 3X,'DP35',3X,'DP4A',3X,'VAS3',3X,'QAS',2X,'VGN10S',2X,
203: # 'QGN10',2X,'RVASTD',2X,'RVMSTD',2X,'COUPLE',4X,'BHT',4X,
204: # 'SFC',3X,'RTHB',3X,'ASFM',4X,'ZLAMDA',/,1X,120,/,)
205: VDEPLA=(PI/4.0)*(DIAP**2)*COURSE*RPM/2.0
206: READ(1,*) IPAPIL
207: DO 280 I4=1,IPAPIL
208: READ(1,*) PAPIL, IALLUM
209: DO 270 I5=1, IALLUM
210: IF (IT.EQ.2) GO TO 177
211: READ(1,*) ALLUM,WDYN,H89,H8A,H12,H35,H4A,T3C,T10C
212: GO TO 178
213: 177 CONTINUE
214: READ(1,*) ALLUM,WDYN,H89,H8A,H12,H35,H4A,T3V,T10V
215: C----CALCUL DES TEMPERATURES DE L'AIR ET DU GAZ NATUREL
216: T3C=-0.0279035307+25.9293518*T3V-0.730079651*
217: # (T3V**2)+0.0341242403*(T3V**3)
218: T10C=-0.0279035307+25.9293518*T10V-0.730079651*
219: # (T10V**2)+0.0341242403*(T10V**3)
220: 178 CONTINUE
221: T3F=(T3C*1.8)+32.0
222: T3K=T3C+273.0
223: T10F=(T10C*1.8)+32.0

```

```

24,2791
224: T10K=T10C+273.0
225: C-----CALCUL DES DEBITS D'AIR ET DE GAZ NATUREL
226: DP35=H35*FC35
227: DP4A=H4A*FC4A
228: DP8A=H8A*FC8A
229: IF (IMAN12.NE.1) GO TO 180
230: CALL ALCOCK(T3C,DMALC,IPA,CW,CM,CT)
231: DP12=H12*CW/2.54
232: GO TO 182
233: 180 CONTINUE
234: CALL SCHE10(T3C,CW,CM,CT)
235: DP12=H12*2.0
236: 182 CONTINUE
237: DAIR3=DAIRR*(TDBF+459.7)/(T3F+459.7)
238: VA3=CM*H12
239: QA3=VA3*DAIR3
240: VAS3=VA3*((TDBFS+459.7)/(T3F+459.7))*((PB-(DP12/
241: # 13.6))/FBS)
242: DP89=H89*FC89
243: CALL LFEG(DP89,T10K,VGN10)
244: DGN10=DRGN*DA6030*((60.0+459.7)/(T10F+459.7))*
245: # ((PB+H8A/13.6)/30.0)
246: QGN10=VGN10*DGN10
247: VGN10S=VGN10*((TDBFS+459.7)/(T10F+459.7))
248: VMS5=VAS3+VGN10S
249: VM5=VA3+VGN10
250: C-----CALCUL DE LA PUISSANCE DES RENDEMENTS ET DES CONSOMMATIONS
251: BHP=WDYN*BLEVI*2*PI*RPM/33000.0
252: COUPLE=WDYN*BLEVI
253: RVAR=100.0*VA3/VDEPLA
254: RVMR=100.0*VM5/VDEPLA
255: RVASTD=100.0*VAS3/VDEPLA
256: RVMSTD=100.0*VMS5/VDEPLA
257: SFC=(60.0*QGN10)/BHP
258: ASFM=QA3/QGN10
259: ZLAMDA=ASFM/ASFMS
260: RTHB=100.0*(33000.0*BHP)/(778.0*ZLCV*QGN10)
261: DP35=DP35*2.54
262: DP4A=DP4A*2.54
263: VAS3=VAS3*0.4719
264: QA3=QA3*7.55987
265: VGN10S=VGN10S*0.4719
266: QGN10=QGN10*7.55987
267: COUPLE=COUPLE*1.3553
268: BHP=BHP*0.7457
269: SFC=SFC*338.02
270: C-----IMPRESSION DES RESULTATS
271: WRITE(*,198)RPM,PAPIL,ALLUM,DP35,DP4A,VAS3,QA3,VGN10S,
272: # QGN10,RVASTD,RVMSTD,COUPLE,BHP,SFC,RTHB,ASFM,ZLAMDA
273: 198 FORMAT(1X,F5.0,2X,5(1X,F6.2),3(1X,F6.3),4(2X,F6.2),
274: # 2X,F5.1,3(1X,F6.2))
275: 270 CONTINUE
276: 280 CONTINUE
277: 290 CONTINUE
278: 300 CONTINUE
279: 400 CONTINUE

```

```

80,3351
280: STOP
281: END
282: C---
283: C---
284: C---
285: C-----SOUS-PROGRAMME : ' ALCOCK '
286: C---
287: SUBROUTINE ALCOCK(T3C,DMALC,IPA,CW,CM,CT)
288: C---
289: C-----CALCUL DU FACTEUR DE CORRECTION POUR LA TEMPERATURE : CT
290: C---
291: CT=1.05825901-0.00304042059*(T3C)+0.00000896880829*(T3C**2)
292: #-0.0000000113603491*(T3C**3)
293: C---
294: C-----CALCUL DU FACTEUR DE CORRECTION POR LA PENTE ET LA DENSITE DU
295: C-----LIQUIDE DU MANOMETRE :CW
296: C---
297: CV=2.90
298: IF(IPA.EQ.2) CCM=0.141
299: IF(IPA.EQ.3) CCM=0.294
300: IF(IPA.EQ.4) CCM=0.560
301: CW=CCM*(DMALC/0.82)
302: C---
303: C-----CALCUL DU FACTEUR DE CORRECTION TOTAL DU DEBITMETRE : CM
304: C---
305: CM=CV*CW*CT
306: RETURN
307: END
308: C---
309: C---
310: C---
311: C-----SOUS-PROGRAMME : ' LFEG '
312: C---
313: SUBROUTINE LFEG(DP89,T10K,VGN10)
314: C---
315: C-----CALCUL DU DEBIT DE GN CIRCULANT DANS LA LIGNE D'ARRIVEE
316: C---
317: IF(DP89.GT.1.0) GO TO 1
318: VLFE=0.40*DP89
319: GO TO 8
320: 1 CONTINUE
321: IF(DP89.GT.2.0) GO TO 2
322: VLFE=0.39*DP89+0.01
323: GO TO 8
324: 2 CONTINUE
325: IF(DP89.GT.3.0) GO TO 3
326: VLFE=0.38*DP89+0.03
327: GO TO 8
328: 3 CONTINUE
329: IF(DP89.GT.4.0) GO TO 4
330: VLFE=0.37*DP89+0.06
331: GO TO 8
332: 4 CONTINUE
333: IF(DP89.GT.5.0) GO TO 5
334: VLFE=0.36*DP89+0.1
335: GO TO 8

```

```

36,3911
336: 5 CONTINUE
337: IF(DP89.GT.6.0) GO TO 6
338: VLFE=0.35*DP89+0.15
339: GO TO 8
340: 6 CONTINUE
341: IF(DP89.GT.7.0) GO TO 7
342: VLFE=0.34*DP89+0.21
343: GO TO 8
344: 7 CONTINUE
345: VLFE=0.33*DP89+0.28
346: 8 CONTINUE
347: VGN10=VLFE*(181.87*(T10K+163.17))/(9.879*T10K**1.5)
348: RETURN
349: END
350: C---
351: C-----
352: C---
353: C-----SOUS-PROGRAMME : ' SCHE10 '
354: C---
355: SUBROUTINE SCHE10(T3C,CW,CM,CT)
356: C---
357: C---
358: C-----CALCUL DU FACTEUR DE CORRECTION POUR LA TEMPERATURE : CT
359: C---
360: CT=1.05825901-0.00304042059*(T3C)+0.00000896880829*(T3C**2)
361: #-0.00000000113603491*(T3C**3)
362: C-----FACTEURS : CV , CW , CM
363: CV=2.90
364: CW=2.54*2.0
365: CM=CV*CW*CT
366: RETURN
367: END
368: C---
369: C-----

```

ÉCOLE POLYTECHNIQUE DE MONTRÉAL



3 9334 00289398 8

COMPOSIÉMENT D'UN MOIEUR...

19

CA2
UP
R86